

سلسلة تبسيط العلوم

فلسفة
العلوم الطبيعية
النظريات
الذرية والكوانتم والتسوية

والشكر
عبد القادر الحيدري

فلسفة
الْعُلُومِ الطَّبِيعِيَّةِ
التنظريات
الذريّة
والكوانتم
والنسبية

دكتور
محمد الفهمي مصطفى خنجر
كلية الآداب - جامعة المنوفية
قسم الفلسفة وعلم النفس

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إهداء

إلى أستاذي الجليل

الدكتور/ محمود فهمي زيدان

تقديراً لأستاذيتيه ، وفضل علمه

عبد الفتاح مصطفى

محتويات الفصل الأول

موجز علم الطبيعة عند القدماء والمحدثين

● العلم الطبيعي عند الإغريق القدماء

- ١ - النزعة الطبيعية المادية عند فلاسفة المدرسة الأيونية
- ٢ - النزعة الطبيعية المثالية في المدرسة الفيثاغورية
- ٣ - النزعة الطبيعية عند فلاسفة المدرسة الذرية
- ٤ - الفلسفة الطبيعية عند أفلاطون وأرسطو
- أفلاطون والبحث في العالم الطبيعي : أصل الكون
- أرسطو والبحث في العلم الطبيعي

● بدايات علم الطبيعة الحديث

- نيقولا كوبرنيق
- كبلر
- جاليليو

● علم الطبيعة النيوتوني

- المادة وقوانين الحركة عند نيوتن
- قانون الجذب العام
- نظريات نيوتن في الضوء
- نيوتن والفلك
- نيوتن والرياضيات

الفصل الأول

موجز علم الطبيعة عند القدماء والمحدثين

العلم الطبيعي عند الإغريق القدماء :

بدأ تاريخ الفكر الفلسفي القديم في القرن السادس قبل الميلاد وقد عرف أغلب فلاسفة هذا العهد الأول بالطبيعيين لاهتمامهم بالعالم الخارجي ومحاولة تفسيره عن طريق عنصر طبيعي أو مبدأ أول تتكون منه كل الموجودات ، ويلاحظ أن الفلاسفة اهتموا في أول الأمر بالظواهر الطبيعية قبل أن يحاولوا تفسير أدوات ادراكنا لهذه الظواهر - تساءلوا عن حقيقة المبدأ الأول للأشياء ، وتمثل هذا الاتجاه في المدرسة الملطية (الطبيعيين الأوائل) عند طاليس وأنكسمندريس وأنكسيمانس ، وتجددت هذه المحاولة بأسلوب رياضي عند الفيثاغوريين^(١)، ولكن البحث عن المبدأ الأول أثار مشكلات دقيقة عن الوجود واللاوجود والثبات والعدم والضرورة والحركة ، فتصدى هيراقليطس والمدرسة الأبلية لمناقشتها . أما الطبيعييون المتأخرون فقد حاولوا التوفيق بين هذه الآراء وآراء الطبيعيين الأوائل في البحث عن المبدأ الأول للأشياء - لتفسير اتصال الجواهر وانفصالها وتكاثفها وتخلخلها إلى غير ذلك من محاولات مختلفة تمثلت في مواقف أبذاذ وقلبيس وديموقريطس وأنكساغوراس .

من الأسئلة التي أثارها اهتمام الفلاسفة اليونانيين - ما هو التركيب الخفي للمادة ؟ - وأول اجابة أعطيت على هذا السؤال كانت منذ أكثر من ٢٥ قرناً . تنابعت الآراء في ثلاث مدارس فلسفية ، هي المدرسة الأيونية والمدرسة الفيثاغورية والمدرسة الذرية .

(١) توصل فيثاغورس (٥٨٠ - ٥٠٠ ق.م) إلى أن العدد هو أصل الوجود . وذلك من تأمله للظواهر الحسية وحركات الأجرام السماوية .

راجع د. عبد الرحمن بدوي . **بيع الفكر اليوناني** القاهرة مكتبة النهضة المصرية ١٩٦٩ ص ٧٩ - ٨١

(٢) هذه المرحلة تمتاز بظهور المذاهب الفلسفية الضخمة التي تمت وأكتملت في كل الفروع : المنطق والمعرفة والأخلاق والميتافيزيقا والرياضيات ... الخ

راجع **Armstrong, An introduction to ancient philosophy** London, Methnen & Co., L.T.D ed 1972 p.92.

١ - النزعة الطبيعية المادية عند فلاسفة المدرسة الأيونية :

عند اليونان اعتبر طاليس وأقرانه من الطبيعيين الأوائل، سمو بالباحثين عن طبائع الأشياء أو حقائق الموجودات ، وأصبحت مهمة فلسفتهم البحث عن طبيعة الموجودات .

وهي المدرسة التي تعبر لنا عن بداية التفكير الفلسفي بمعناه الضيق في بلاد اليونان ، ويطلق عليها أحيانا اسم المدرسة الطبيعية لأن أهم ما يميزها هو محاولتها تفسير الظواهر الطبيعية تفسيراً نظرياً بعيداً عن التفسير الأسطوري السابق لظهور فلاسفة هذه المدرسة^(١).

الشيء الأصيل في هذه المدرسة هو أنها لم تعترف بأى تفرقة حاسمة نهائية بين جوانب الكون المختلفة وعندما حاولت أن تفسر غرائب الكون وظواهر السماء فعلت ذلك بدلالة ما هو موجود على الأرض من الأشياء المعتادة في الحرف .

طاليس هو أول من بدأ طريق الفلسفة الطويل ، يمكن القول أن فلسفته هي ثمرة للمد الفكرى الذى بلغه الانسان حتى عصره ، حيث بدأ لونا جديدا من التفكير يختلف عن تيار الفكر البشرى الذى كان سائدا حتى عصره وإليه تنسب نظرية أن كل شيء يتكون من الماء ، أدرك هذا الفيلسوف أن الماء ضرورى لحياة الانسان والحيوان والنبات ، وأن شيئا ما ، لا يمكن أن يثمر أو يتوالد بدون الماء ، كما أن البذور لجميع الأحياء تحتفظ بقدر من الرطوبة ، وأن الماء هو العلة المادية للأشياء جميعا ، وأن الأرض تطفو فوق الماء، كان طاليس يريد أن يصل إلى مبدأ أول مادي ، يفسر به التغيرات المختلفة التى تطرأ على الظواهر الطبيعية - فرأى أن الماء هو العنصر الوحيد الذى يمكن أن يتخذ أشكالا مختلفة - يذكر طاليس أنه رأى بنفسه كيف تبدأ تحولات الماء لتعود إلى الماء ، فالماء يتحول بفعل الحرارة إلى بخار ثم يعود ليتساقط على هيئة مطر .

إن طاليس عند أرسطو هو مؤسس الطبيعة الأيونية لأنه يجعل من الماء سبباً لكل الموجودات ، يحاول أرسطو أن يحلل نظرية طاليس في كتابه (الميتافيزيقا) بقوله عن هذا الفيلسوف « أنه قد يكون أستقر عند هذا رأى لأنه لاحظ أن غذاء كل شيء رطب - وأنه قد يكون هو رطب وأن كل ما هو حار يعتمد في حياته على الرطوبة ، ثم أن البذور

(١) د. أحمد فؤاد الأهواني : فجر الفلسفة اليونانية ص ٢٠ وما بعدها

وأبضا : برتراندرسل تاريخ الفلسفة الغربية ج ١ ترجمة د. زكى نجيب محمود لجنة التأليف والترجمة والنشر ١٩٦٧

رطوبة بطبيعتها ، وأن الماء هو المبدأ الطبيعي للرطب^(١). إن مادية طاليس تكمن في اهتمامه بالطبيعة وهي مادية تتميز بأن كل المادة عنده شيء حي ، فالأرض قرص مستو يطفو على الماء وأن ثمة ماء فوق الرؤوس ومن حولها - وإلا فمس أين يأتي المطر ؟ وأن الشمس والقمر والنجوم هي بخار في حالة اشتعال وإضاءة ، و أنها تسبح في عالم من الماء . تلك محاولة من طاليس لارجاع الظواهر الطبيعية إلى أصل واحد على أساس منطقي والنظر إلى الموجودات على أنها وحدة متناسقة في الوجود لأعطائه صورة متجانسة لعدد من حقائق المشاهدة، وهو بهذا قد قام بمحاولة علمية . جاء أنكسمندريس Anaximander (٦١٠ - ٥٤٧ ق.م) وقدم نظرية عن الكون أكثر تفصيلاً وأشد عمقاً وهي مشتقة في حقيقتها من صانع الفخار ، ودور النار في الحرارة ، كان أنكسمندريس يقول : أن الأشياء تبلغ من التعدد والتنوع درجة يستحيل معها أن ترد إلى مبدأ معين أو محدد، ولهذا فقد رأى أن الأشياء كلها ترجع في الأصل إلى مبدأ أطلق عليه اسم الأبيرون Apeiron ، وهي كلمة يونانية معناها « اللامحدود أو اللامتناهي » أو اللانهاي ، ذهب غالبية المفكرين إلى أن الأبيرون هو نوع من العماء أو الخلاء Chaos البدائي أو هو عبارة عن مادة حية صدرت عنها كل الأشياء .

يذهب أنكسمندريس إلى أن أصل العالم لا يمكن أن يكون الماء ويدلل على ذلك بقوله ، أن الماء مهما بلغ من المرونة وقابلية التشكل فهو ذو صفات معروفة ، تستطيع أن تميزه بها من المواد الأخرى فالمواد الأخرى لها صفات تناقض الماء ، ولا يعقل أن تكون الكائنات جميعاً على تناقض صفاتها قد صدرت عن عنصر واحد ذي صفة معينة معروفة ، والأصلح أن يكون أصل العالم هو مادة لا شكل لها ولا نهاية ولا حدود^(٢). هذا هو التفسير الطبيعي لانكسمندريس ، وهو عبارة عن فكرة عقلية هي الحقيقة الثابتة وراء الظواهر المتغيرة وقد نشأت عنها الأشياء بالانفصال والانضمام ، على هذا النحو تكونت أربع طبقات هي الحار والبارد والرطب واليابس ، فالأرض في المركز وهي أثقل العناصر والماء يغطيها ، والهواء فوق الماء ثم النار تحتضن الجميع ، فالنار تسخن الماء فتؤدي إلى تبخيره وهذا بدوره يؤدي إلى ظهور الأرض الجافة من ناحية ، وتزايد حجم الهواء من ناحية أخرى ، ومن ثم تبدو الظواهر الطبيعية في نشأتها وتطورها عن الأصل الأول أو المبدأ اللامحدود اللامتناهي ، فهو مبدأ جميع الأشياء وعلتها « اللامتناهي »^(٣) وهو جوهر مختلف عن كل العناصر - وهذا

(١) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة اليونانية دار المعارف ١٩٤٩ ص ١٣

(٢) راجع : أحمد أمين ود. زكي نجيب محمود : قصة الفلسفة اليونانية ١٩٦٧ ص ١٦

(٣) لامتناهي بمعنى : من حيث الكيف أي لامين ، ومن حيث الكم أي لامحدود

راجع يوسف كرم : تاريخ الفلسفة اليونانية ١٩٤٩ ص ١٤ ، ١٥

اللامتناهي قديم لابتداء له ، تصدر عنه كل السماوات والعوالم الموجودة في هذه السماوات ، وأن العناصر الأربعة هي أشكال مشتركة للامتناهي .

لم يوضح أنكسمندريس حقيقة التغير أو التحول في المادة ؟ بل قال فقط أن الأضداد تنفصل شيئاً فشيئاً عن الجسم اللامتناهي حيث تتكون الأشياء ، يتغلب الحار على البارد في الصيف مثلاً ويحدث العكس في فصل الشتاء . هناك إذن على رأى أنكسمندريس - شيء أزلي لا يفنى هو مصدر الأشياء جميعاً وترجع إليه هذه الأشياء ، فهو معين لا ينضب ، ورفض القول بكنهه أو ماهيه هذا اللامتناهي ويفسر أنكسمندريس تكون الأشياء تفسيراً آلياً أي بمجرد اجتماع عناصر مادية واقتراحها بتأثير الحركة دون علة فاعلية ودون غائية . ويمد أنكسمندريس الوجود إلى غير حد في المكان والزمان ويقول بعوالم لا تحصى وبدور عام يتكرر إلى ما لانهاية .

ثالث الفلاسفة الأول هو أنكسيمانس Anaximenes (٥٨٨ - ٥٢٤ ق.م) رأى مثل طاليس أن المبدأ الأول الذي صدرت عنه الأشياء لابد أن يكون مبدأ محدداً ، له هيئة معينة، هذا المبدأ هو الهواء . لعل ما جعله يذهب إلى أن الهواء هو المبدأ الأول ، ما رآه من أهمية الهواء للكائنات الحية والتنفس والحياة مرتبطان ارتباطاً وثيقاً ولهذا يقول أنكسيمانس (كما أن النفس لأنها هواء تمسكنا ، كذلك التنفس والهواء يحيط بالعالم بأسره)^(١) . والمبدأ الأول عنده مادة محسوسة ومتجانسة تشيع في كل أنحاء الوجود ، تغلف الأرض وتملأ جوانب السماء ، وتتغلغل في كل الأشياء والموجودات مهما صغرت ، فهو الجوهر الأول لجميع الكائنات . جاء أنكسيمانس ليقول عكس سابقه بأن مبدأ الأشياء أو الموجودات معين ومحدود وهو الهواء ، وهذا الهواء ليس مرئياً ولكن البرودة والحرارة والرطوبة تجعل من الممكن رؤيته والهواء في حركة دائمة ، لأنه لو كان ساكناً لما حدث تغير ما ، واختلافه في الموجودات يكون بفعل التكاثر والتخلخل^(٢) فعندما يتخلخل ويتمدد يصبح ناراً ، وعندما يتكاثر يصبح رياحاً ، وعندما يتبلد يصبح سحابة وإذا ازداد التكثف أصبح صخراً^(٣) . وإذن فالتغيرات التي تطرأ على المبدأ الأول هي تغيرات كمية . يعتبر أنكسيمانس آخر فلاسفة المدرسة الملطية والمعبر عن آخر نظرياتها في تفسير الكون إذ أن فكرة العناصر الأربعة قد اختمرت في عصره ، لتصبح فيما بعد التفسير السائد للظواهر

(١) د. أحمد فؤاد الأهواني فجر الفلسفة اليونانية دار أحياء الكتب الطبعة الأولى ١٩٥٤ ص ٥٦

(٢) يصف بعض مؤرخي الفلسفة الملطية بأنها هي التي وضعت أساس (العلم الطبيعي) وباعتبار المادة قديمة روحية وقادرة على التحول إلى صور الوجود المختلفة

راجع يوسف كرم : تاريخ الفلسفة اليونانية دار المعارف ١٩٤٩ ص ١٧

(٣) أحمد أمين ود. زكي نجيب محمود فلسفة الفلسفة اليونانية ص ١٧ - ١٨

الطبيعية في الوجود . نلاحظ ان هؤلاء الثلاثة رفضوا الطريقة الأسطورية والشعرية التي كانت سائدة في بلاد اليونان لتفسير ظواهر العالم وهي تلك الطريقة التي كانت ترصد إليها خاصا لكل ظواهر الكون - إله للحرب وإله للجمال وإله للمطر - إله للشمس والقمر ... الخ .

لم يقل طاليس أن المبدأ الأول الذي صدرت عنه الأشياء جميعا هو الماء لأن الماء هو أقوى الآلهة أو هو رب الأرباب - كلا - لكنه ذهب إلى تفسير العالم بالماء مع أسس عقلية نتيجة للملاحظات لظواهر التغذية في الكائنات - يمكن أن نفسر جراحة تأملاتهم على أنها راجعة لإحساسهم بالحاجة إلى معرفة العالم الذي نعيش فيه ، ولهذا كانوا طليعة التفلسف الطبيعي لمن بعدهم ، حاول ثلاثتهم معرفة العالم ككل ، تلك خاصية يتميز بها التفكير الفلسفي اليوناني . محاولة الوصول إلى الحقيقة النهائية Ultimate reality بمحاولة معرفة العلم بالعلل أو الأسباب ، كما يتلاحظ على هؤلاء الفلاسفة الطابع النقدي في التفكير فأنكسمندريس لا يقبل مبدأ أستاذه طاليس لأنه لا يقنعه ، ثم يأتي أنكسيمانس فلا يرضى حتى بهذا المبدأ الجديد ويضع مبدأ ثالثاً ... وهكذا تستمر المحاولات . مما أوجد المدارس والمذاهب المختلفة . أعنى أنهم حاولوا تفسير العالم بأسره ورده إلى مبدأ واحد تصدر عنه الأشياء ، غير أن هؤلاء الثلاثة لم يستطيعوا أن يقدموا تفسيراً للتغير المستمر في الأشياء وأسبابه وتلك هي المشكلة التي شغلت هيراقليطس الذي اعتبره أرسطو من جملة الفلاسفة الطبيعيين وأول فيلسوف يحاول تفسير التغير .

كان هيراقليطس Heraclitus (٥٤٠ - ٤٧٥ ق.م) يعتبر أن العلم الجدير به هو التفكير العميق في المعاني الكلية ، يخلع عليها أسلوباً فخماً مبهماً كثير الرموز والتشبيه ، حتى لقب بالغامض^(١) . فلسفته عميقة قوية وهي التي خلدت اسمه - يرى في النار المبدأ الأول الذي تصدر عنه الأشياء وترجع إليه - ولولا التغير لم يكن شيء فإن الإستقرار موت وعدم^(٢) .

« والأشياء في تغير متصل »^(٣) هذا قوله الأكبر وملخص مذهبه . والتغير صراع بين الأضداد ليحل بعضها محل بعض ، لولا المرض لما اشتبهنا الصحة ولولا العمل مانعنا بالراحة وهناك مبادلة بين جميع الأشياء والنار ، وبين النار وجميع الأشياء ، كالمبادلة بين

(١) قال عن نفسه في أسلوبه (إنه لا يفصح عن الفكر ولا يخفيه ، ولكنه يشير إليه)

راجع يوسن ، كرم : تاريخ الفلسفة اليونانية ص ١٧

٢. على سمي أشار وآخرون : أثر هيراقليطس في تاريخ الفكر الفلسفي دار المعارف ص ٦٧ .

(٣) د. عبد الرحمن بدوي : بيع الفكر اليوناني القاهرة مكتبة النهضة المصرية ١٩٦٩ ص ٨٠

السلع والذهب وبين الذهب والسلع . وتتبع النار في تحولاتها وتغيراتها طريقتين متعارضتين ، طريق هابط يبدأ حينما تأخذ النار في الوهن والضعف ، وحينئذ تتكاثف النار فيصير بعضها حراً ويصير البعض الآخر أرضاً ، أما الطريق الصاعد فيبدأ حينما ترتفع من الأرض والبحار أبخرة ، فتحول بالتكاثف إلى سحب ثم تأخذ العواصف في تحويل السحب إلى برق ورعد فيتحوّل الماء إلى نار . والنار هي التي تسود في نهاية الأمر وتعيد كل شيء إليها ، لأن نهاية العالم هي احتراق شامل . وللنار وجهان هما : الجوع والشبع وأن النار تتفرق ثم تتجمع ثانية - إنها تتقدم وتتقهقر . والنار تحيا بموت الأرض - والهواء يحيا بموت النار ، والماء يحيا بموت الهواء - والأرض تحيا بموت الماء ، ومع كل ذلك يقول هيراقليطس بوحدة الوجود^(١) ويمتاز بشعوره القوى بالتغير ، وأن الفكرتين لتستبعدا الشك حتماً ، فوحدة الوجود تعني أن شيئاً واحداً بعينه هو الوجود ، وأن ما عداه مظاهر وظواهر ، ولذلك فهيراقليطس هو الجد الأول للشك في الفلسفة اليونانية ، لأنه في الوقت الذي نادى فيه بوحدة الوجود التي عبر عنها بالنار ، مسيراً في ذلك بقية فلاسفة المدرسة الأيونية ، فإنه قال بالتغير ، والجمع بين وحدة الوجود والتغير يستتبع لامحالة الشك ، لأن وحدة الوجود تقتضي أن يكون هناك جوهر واحد بعينه هو الموجود .

كلمة أخرى من أشهر كلمات هيراقليطس : الواحد هو الكل ، والكل هو الواحد : هاتين الكلمتين ، الواحد والكل ، قد تردان في الحديث اليومي حين يفيض بنا الملل ، كله واحد أو كأنما نحاول بالحكمة الكسولة أن نتخلص من المتاعب والهجوم ، نستطيع أن نقول أن الكل يصدر عن الواحد ، كما أن الواحد يصدر عن الكل ، كلاهما مرتبط بالآخر في تجانس وانسجام متبادل ، وكلاهما متفق ومختلف في آن واحد . ولا يتأتى فهمهما إلا في إطار علاقة التوتر بينهما Opposite tension ، وما من شيء إلا وهو في صيرورة متصلة وتحول مستمر ، ونهر الحياة يسيل على الدوام ، فنحن لاننزل فيه مرتين ، ومن العيب أن نتشبث بالموجه ، فالأمواج تحرفنا ، ولا يلبث تيار الماء أن يتجدد تحت الأقدام أنت تنزل في النهر الواحد ، ولاتنزل فيه .. ذلك أن النهر الواحد لا يبقى نفس النهر ، وأنت أيضاً لا تبقى على ما أنت عليه ، فنحن ننزل في نفس الأنهار ولا تنزل فيها ، ونحن نكون ولا نكون ، ذلك أننا نتعثر على الدوام ، كل شيء يخطو إلى الأمام ، ولا يبقى على

(١) مثل بقية فلاسفة ملطية إلا أنه يمتاز بشعوره القوى بالتغير ، والتغير يعني أن كل موجود جزئي فهو كذا وليس كذا في آن واحد . أو هو نقطة عندها الأضداد وتتنازعها ، فيمتنع وصفه بخصائص دائمة .

راجع ، يوسف كرم : تاريخ الفلسفة اليونانية ص ١٩

حاله ، كل شيء يتغير ويتبدل ، وما لشيء على وجه الأرض من ثبات . وكل ماهو موجود يهوى إلى العدم ، والدهر طفل يلعب ويرتب الأحجار : نهار وليل ، وشتاء وصيف ، حرب وسلام ، شبع وجوع ... وينشب الصراع والحرب ، والحرب هي أم الأشياء ، تجعل البعض آلهة وأبطالاً ، وتجعل البعض الآخر بشراً ، وتحيل البعض عبيداً ، كما تجعل غيرهم أحراراً ، غير أن الأضداد تلتقي ، وينعقد الصلح بين الأعداء ، ويجتمع الكل وما هم بالكل ، ويتألف المتجانس والمتنافر ، وينسجم القوس مع الوتر ، وليس معنى هذا أن تيار الحياة سيتوقف ، بل معنى ذلك أن التحول مستمر ، ويمكن ادراك الثبات من وراء التحول ، ذلك أنه يتفوق ثم يتجمع ، ويبعد ثم يقترب ، ولا يلبث المتجمع أن يتفارق من جديد ، والحياة جرة تمر العسل والمر ، والنصر والهزيمة ، والليل والنهار بلا انقطاع ، وإذا كان نهر الوجود يسيل على الدوام فإن الأبدى يتدفق أيضاً على الدوام في جميع الأشياء ، وإنما يكشف الصراع بين الأضداد عن العدالة الكامنة وراءه ، وتدل الكثرة المتدفقة المتغيرة على الوحدة الباقية .

ولكن ماهو الذي يتقى وإن تحول ؟ ويدوم على رغم التغير والتبدل ؟ إن هيراقليطس يسميه تارة بالإله ، وأخرى بالدهر ، وثالثة بالطبيعة أو الحقيقة أو الجوهر ، إنه عنده هو الكل ، كما هو عنده الواحد ، إن حياة الانسان موت لغيره ، كما أن موته حياة لآخرين ، وفي كل لحظة تسبح فيها في النهر يأتيك الدليل على أن النهر واحد ومتغير وأن جسدك واحد ومتغير أيضاً ، وتعرف أن الزمن باق وإن أفنى كل مافيه^(١)

إن أهمية مدرسة ملطية تكمن في أنها حاولت أن تضع فروضا علمية لا صلة لها بالاخلاق ولا بالرغبات الذاتية أو الاجتماعية ولهذا اتجه روادها في تفكيرهم نحو عالم ديناميكي من التحول المستمر المتبادل للعناصر المادية ، وعلى الرغم من أن الصورة التي قدموها لا تكمن فيما حققته بالفعل ، وإنما فيما حاولت تحقيقه - غير أن ضعف هذه المدرسة يكمن في غموض منهجها الوصفي البحث ، وفلسفتها بهذا الوضع لا تقود إلى شيء ولا يمكن صنع شيء محدد بها .

٢ - النزعة الطبيعية المثالية في المدرسة الفيثاغورية :

(فيثاغورس ومدرسته) (٥٧٢ - ٤٩٧ ق.م) وهي مدرسة علمية عنيت

(١) د. عبد الغفار المكاوي : مدرسة الحكمة ص ٢١ - ٢٣ .

بالرياضة^(١) والموسيقى والفلك^(٢) والطب^(٣) وعرفت بضع قضايا حسائية وهندسية . ووضعت في الهندسة ألفاظا اصطلاحية . كانت جماعة المدرسة الفيثاغورية في منشئها رابطة أخوة تهتم بممارسة الزهد ، ودراسة الرياضيات في عصر تميز بالهزيمة المؤقتة لليونانيين على يد الفرس . وكان مطلوبا من كل عضو من أعضاء هذه المدرسة أن يخاسب ضميره بينه وبين نفسه ، وقد وجدوا في الرياضيات مفتاحا لألغاز هذا الكون وأداة لتنقية الروح بدليل أن « بلوتارخ » قال بوصفه من أنصار المدرسة الفيثاغورية : (إن وظيفة الهندسة هي إبعادنا عن المحسوس والغفائي إلى المعقول والخالد . فتأمل الخالد هو غاية الفلسفة ، كما أن تأمل الغوامض هو غاية الدين)^(٤).

ارتبطت المدرسة الفيثاغورية في مرحلتها الأولى بالتجربة العلمية ، ففيثاغورس Pythagoras هو واحد من أعظم العلماء اليونانيين ، فهو ليس رياضيا فحسب بل هو أحد العلماء التجريبيين ، من خلال التجربة استطاع أن يكتشف أسس الاتساق والتناغم

(١) يقول « ول ديورنت » "Will Durant" في الباب الأول الذي عقده على مصر في مجلده الأول من كتابه قصة الحضارة ترجمة محمد بدران - لجنة التأليف والترجمة والنشر جامعة الدول العربية ص ١٩٥٥ ص ١٥٩ - ١٧٩ .

إن مصر منذ بدء تاريخها المدون قد بلغت أعظم تقدم في العلوم الرياضية ويكاد ينعدم الإجماع على أن فن الهندسة اختراع مصري ، وقد سبق المصريون فيه اليونان والرومان وأوروبا الحديثة ويتحدث « سارتون » G. Sartone (مؤرخ العلم) في كتاب له عن تاريخ العلم والنزعة الانسانية الجديدة . The History of science & The new Humanism عن مقالين في الرياضة منشورين على ورقتي بردى عن أصل يرتد إلى أواخر الألف الثالثة قبل الميلاد ومن دلالات هذا التقدم الرياضي قيام الهرم الأكبر الذي يرجع تاريخه إلى القرن الثلاثين قبل الميلاد .

(٢) إن البابليين والكلدانيين كانوا أول من درس أجرام السماء وسبقوا شعوب الأرض إلى ملاحظة السيارات السبع وربطها بأيام الأسبوع السبع وتقسيم اليوم إلى ٢٤ ساعة - وتنبأوا منذ الماضي السحيق بكسوف الشمس وخسوف القمر .

(٣) إن قدماء المصريين كانوا أول من ابتدؤا العلوم الطبية - يقول « ديورنت » وغيره من مؤرخي العلم إن أقدم الوثائق المصرية في الطب بردية (أدوين سميث) التي يرتد تاريخها إلى ستة وثلاثين قرنا مضت - وهي تصف ثمانى وأربعين حالة من حالات الجراحة التطبيقية وتعتبر اليوم أقدم وثيقة علمية في تاريخ البشرية كلها ، ولذلك فإن أكبر مفخرة علمية في تاريخ مصر هي علم الطب . والمشهود لهم في تخنيط الموتى - لتبقى آلاف السنين . اعتقادا منهم في خلود النفس وحساب اليوم الآخر .

راجع : قصة الحضارة « ول ديورنت » ص ١٧٩ ومابعدها .

(٤) راجع د. عبد العظيم أنيس الحضارات القديمة واليونانية وزارة الثقافة دار الكاتب العربى .

Harmony في الموسيقى ، وأول من استخدم لفظ الفلسفة بمعنى البحث عن طبيعة الأشياء ، ولقد لعب بعض تلاميذه دوراً تجريبياً هاماً في علم التشريح مستخدمين منهج الملاحظة والتجربة ، كما اشتغلوا في مجالات مختلفة مثل علوم الصوت والحيوان والطب .

كان الفيثاغوريون يعتبرون العدد المبدأ الأول للعالم - والأعداد هي مفتاح فهم الكون ، أدخل فيثاغورس القياس في العلم الطبيعي عندما اكتشف أن الأوتار تربطها علاقة تناسب بسيط ، تحدث أنغام موسيقية منتظمة مما جعله يربط الانساق والتناغم بالنسب العددية وبالتالي بالأشكال الهندسية (العالم عدد ونغم ، والنغم توافق الأعداد) يميل المؤرخون إلى تصديق قصة يرويها بيوثيوس Boethius في القرن السادس بعد الميلاد فقد مرّ فيثاغورس على دكان حداد يوماً ، وسمع أصوات المطارق وهي تنهال على السندان ، وظن فيثاغورس أن اختلاف الأصوات يتناسب مع قوة الرجال ، فطلب منهم تبادل المطارق ، فلم تتغير الأصوات ، فوذن المطارق المستخدمة ، فوجد أن أوزانها مختلفة وفيها تناسب عددي ، ومن هذا استنتج الوسط التوافقي للأصوات . وكان الفيثاغوريون يربطون بين الأعداد والأشكال الهندسية بين الحساب والهندسة ، كان للنقطة عندهم كيان وللخط المستقيم عرض ، وللسطوح عمق ، وعندما تضاف النقاط تصبح خطوطاً ، وعندما تضاف الخطوط تصبح سطوحاً ثم تصبح حجوماً ، وأن المثلثات والمربعات يمكن تركيبها من نقط مرتبة ترتيباً مناسباً ، الخط المستقيم بنقطتين والمستوى بثلاث نقط والحجم بأربع نقط في الفراغ . ويمكن بناء العالم من الأعداد ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ والعدد عشرة هو مجموع هذه الأرقام وهو عندهم قوة إلهية جبارة ، ينبنى على هذا أن نظريتهم في الأعداد لم تكن رياضة فحسب ، ولم تكن علماً طبيعياً فحسب ، بل كانت ديناً كذلك . كان تلاميذ فيثاغورس يقيمون صلاة للأعداد السحرية ويخاطبون العدد أربعة قائلين « باركنّا أيها العدد السماوي الذي خلق الآلهة والناس » أنت أيها الرباعي المقدس الذي يضم أصل ومنبع هذا الخلق المتدفق إلى الأبد . « العدد أربعة رمز الحجم أي رمز الفضاء نفسه » .

كان الفيثاغوريون يتجادون في عملية المناظرة بين الأعداد والأشياء التي في هذا العالم مما حدد نظرتهم إلى الكون ، فالأعداد الفردية مذكرة والأعداد الزوجية مؤنثة - والعدد واحد مصدر كل الأعداد ولذا اتخذوه رمزاً للتعقل والعدد اثنين رمزاً للرأى ، والعدد ثلاثة رمزاً للقدرّة الجنسية ، والعدد أربعة رمزاً للعدل ، والعدد خمسة رمزاً للزواج كما أن أسرار الأوتار الطبيعية تعرف من صفات العدد خمسة والبرودة من صفات العدد ستة ، وسر الصحة في العدد سبعة ، وسر الحب في العدد ثمانية (الزواج ٥ + الجنس ٣) وسر الأرض في الجسم الرأسى ، وسر النار في شكل الهرم ، وسر السماوات في الجسم ذى الأثنى عشر وجهاً .

ساهمت الفثاغورية فى علم الفلك حيث نجد أن «أريستارخوس» "Aristarchus" وهو فيثاغورى متأخر أول من فكر بأن الأرض كروية وأن الأرض أحد الكواكب وليست مركز الكون وأن كل الكواكب بما فى ذلك الأرض تنحرك فى دوائر حول نار مركزية لاجول الشمس .

قولهم بكروية الأرض قد يكون لأن الدائرة خير الأشكال لكمال انتظام جميع أجزائها بالنسبة للمركز والنار المركزية فى وسط العالم . مجدوها وأسموها أم الآلهة - والميكمل الموقد هو المصدر الأول لكل حياة وكل حركة .

وأن الشمس تشرق بفعل الضوء المنعكس من هذه النار . وأنه هناك جسم افتراضى آخر مضاد للأرض^(١) وأن الأرض ، والأرض المضادة والنار المركزية والشمس والقمر والكواكب الخمسة تكون أجساما سماوية عشرة ، والعدد عشرة هو عدد صوفى عند الفثاغورين^(٢)، وعلى الرغم من أن الفثاغورين قد بعدوا فى العلوم الطبيعية والفلك بشكل عام من الوقائع ، بإحلامهم صوفية العدد محل المعرفة .. إلا أنهم ربطوا تفسير الظواهر الطبيعية بالكم الرياضى .

٣ - النزعة الطبيعية عند فلاسفة المدرسة الذرية^(٣):

ينسب المذهب الذرى إلى فيلسوفين هما لوقيبوس Leucippus وديموقريطس Democritus والأخير أشهر مؤسسى المذهب الذرى . يجدر الإشارة إلى آراء أنبادوقليس Empedocles الفلسفية والتي حاول بها التوفيق بين كل من هيرقليطس من المدرسة الأيونية وبارمنيدس من المدرسة الأيلية ، ولأن آراء لوقيبوس وديموقريطس تعتبر بمثابة تصحيح لآراء أنبادوقليس فى أصل الوجود ونشأة الكائنات وفسادها .

(١) العدد الكامل هو العشرة لأنه مؤلف من الأعداد جميعا ، وحاصل على خصائصها جميعا ، فيلزم أن الأجرام السماوية المتحركة عشرة (لأن العالم كامل وحاصل على خصائص الكامل) ولكن لما كان المعروف المنظور منها تسعة فقط ، وضعوا أرضا مضادة غير مقابلة لأرضنا إلى أسفل ليكملوا العدد عشرة .

(٢) تنسب هذه النظرية الفثاغورية لى الفلك إلى « فيلالاوس » الذى عاش فى آخر القرن الخامس قبل الميلاد وهى نظرية خيالية وغير علمية إلا أن بها جهد تصورى .

(٣) اعتمدت فى عرضى لفلاسفة المدرسة الذرية على المراجع :

أحمد أمين وزكى نجيب محمود : « قصة الفلسفة اليونانية » ص ٤٨ وما بعدها

يوسف كرم : « تاريخ الفلسفة اليونانية » ص ٣٨ وما بعدها

برنارد رسل . « تاريخ الفلسفة الغربية » جزء أول ترجمة د كى نجيب محمود ص ١١٨ وما بعدها

آراء أنبادوقليس Empedoclis (٤٩٠ - ٤٣٠ ق.م) :

وهو أول ثلاثة فلاسفة متعاصرين عادوا إلى معالجة المسألة الطبيعية وهم متأثرون بالأيلية والفيثاغورية ، يشتركون في القول بأن أصل الأشياء كثرة حقيقية وأنه لا يوجد تحول من مادة لأخرى .^١ والأشياء تتألف من أصول ثابتة ويختلفون في تصور هذه الأصول وطرائق انضمامها وانفصالها ، هؤلاء الفلاسفة هم أنبادوقليس ، ديموقريطس وأنكساغوراس . والأول هو من بشرّ بظهور نظرية العناصر الأربعة فقد قال : أن كل شيء في الكون مكون من عناصر أربعة هي التراب والماء والهواء والنار بنسب متفاوتة وباتصال هذه المكونات وانفصالها تتكون الكائنات وتختلف صفات هذه الكائنات باختلاف النسبة التي تلتقي وتمتزج بها تلك العناصر . وضرب المثل بقطعة من الخشب ، إذا ما احترقت تحولت إلى دخان هو الهواء ، وإلى ألسنة تندلع هي النار ، وإلى فقايع تنفخ هي الماء ، ثم إلى رماد هو أقرب الأشياء إلى التراب ، ولكي يزيد مذهبه حبكة واتساقاً ، ابتدع قوتين سماهما قوتي التنافر والتجاذب . ادّعى أنهما يربطان بين الأشياء إذا ارتبطت ، ويفصلان بينها إذا انفصلت وشبههما بقوتي الحب والكراهية في الإنسان . فالحب يتكون من ذرات لا ينقص عددها ولا يزيد منذ بداية الكون حتى نهايته ، والتغير والتحول الذي يحدث في الكون يؤثر فقط في كيف هذه الذرات لا في كمّها .

آراء ديموقريطس ولوقيبوس الذرية : Democritus & Leucippus Atomic ideas :

تتلذذ ديموقريطس (٤٧٠ - ٣٦١ ق.م) على أستاذه لوقيبوس واستفاد بعلمه ، دلّهما التجربة على وجود ذرات مادية غاية في الدقة كالتي تتطاير في أشعة الشمس وكالذرات الملونة التي تدوب في الماء ، والذرات الرائحية التي تتصاعد مع الدخان أو الهواء وأن الضوء يخترق الأجسام الشفافة وأن الحرارة تخترق جميع الأجسام تقريباً ، فبدأ لهما أن في كل جسم مسام خالية يستطيع آخر أن ينفذ منها . الوجود الواحد المتجانس ينقسم عندهم إلى عدد غير متناه من الوحدات المتجانسة غير المحسوسة لنهايتها في الدقة تتحرك في الخلاء ، تتلاقى وتفترق ، فتحدث بتلاققها وافتراقها الكون والفساد ، ويرى ديموقريطس أن الضرورة الآلية^(١) هي التي تدفع الذرات إلى الحركة المستمرة .

في هذا الرجل اجتمعت صفتان ، المعرفة الوثيقة بالكم والمعرفة بالتجربة والحرف والفنون وظواهر الطبيعة ، ولذلك كان قمة في افتراضاته العقلية عن طبيعة الكون ، تقوم :
(١) أهمية فكرة الضرورة بالنسبة إلى العلم ، أن التفسير إذا اعتمد على الضرورة الآلية فإنه يعمل على تقدم العلم .

راجع (برتراندرسل) : تاريخ الفلسفة الغربية ج ١ ص ١١٩

من هذه الجواهر المفردة أو الذرات بل حتى أن الآلهة مركبة من نفس الجواهر ، وكل ما هنالك من فرق بين الآلهة والبشر هو أن تركيب الآلهة أكثر دقة وأسرع حركة ، لذلك فهم أكثر حكمة وأطول عمرا من البشر ، إلا أن آلهة ديموقريطس لا تبلغ الخلود ، خاضعة للقانون العام وهو الضرورة التي تقتضى الحركة ومن ثم الكون والفساد . والنفس الإنسانية طبيعتها نارية وهى تقوم بوظائف معينة كالفكر والغضب والشهوة ومركز هذه الوظائف الدماغ ثم القلب وأخيرا الكبد .

أن فلسفة ديموقريطس تشهد على جهد رائع ، بذله واضعها من أجل تفسير الظواهر الطبيعية بعلم وأسباب طبيعية ، دون الرجوع إلى أسباب دينية أو غائية . كما أن ذرية ديموقريطس هى السلف الشرعى لكل النظريات الذرية الحديثة فمازالت التفسيرات العميقة للفيزياء الحديثة تتضمن نفس التقاليد الذرية القديمة .

آراء أنكساغوراس Anaxgoras (٥٠٠ - ٤٢٨ ق.م) :

آخر الفلاسفة الذريين ، انتقد فكرة الضرورة الآلية عند ديموقريطس وهو يعتقد أن الأشياء متباينة فى الحقيقة كما تبدو للناظرين ، وأن قسمة الأجسام بالغة ما بلغت تنتهى دائما إلى أجزاء متجانسة للكل ، تنتهى إلى لحم فى اللحم وإلى عظم فى العظم وعلى ذلك لا ترد الأشياء إلى مادة أو إلى بضع مواد وإنما إلى تنوع فى الكمية والحركة . وأن الحركة لا بد وأن تكون من فعل موجود تسمو معرفته وقدرته على الموجودات جميعا . وهذا الموجود يجب أن يكون مفكرا معقولا وقادرا ، وهو العقل البصير الهادف ، وهو متميز عن المادة كل التميز ، إذ هو موجود بسيط غير قابل للقسمة ، والعقل أطف الأشياء وأصفاها ، بسيط مفارق للطبائع كلها ، ولذلك يعد انكساغوراس أول المتكلمين عن الثنائية الفلسفية بين العقل والمادة وأول فيلسوف استطاع أن يميز بين العقل من جانب ، والمادة من جانب آخر . ولذا يعتبر حلقة الوصل بين مرحلتين : مرحلة الاهتمام بالمادة ومرحلة الاهتمام بالعقل وأن شئنا قلنا مرحلة الاهتمام بالطبيعة ومرحلة الاهتمام بالإنسان .

٤ - الفلسفة الطبيعية عند أفلاطون وأرسطو ابان القرن الثالث ق.م :

هذه المرحلة تمتاز بظهور مذاهب فلسفية ضخمة تمثلت فى كل من أفلاطون وأرسطو ، والتي سيطرت على عقول البشر خلال قرون طويلة ، وحيث اكتملت فى تلك المرحلة كل فروع الفلسفة ، وباختصار فقد اكتملت الموسوعة الفلسفية على أيدي افلاطون وأرسطو عملاقا الفكر اليونانى الشاخ .

إننا مقدمون على فلاسفة عمالقة بحثوا في كل العلوم وطرقوا شتى مناحى المعرفة ولهم مذاهب خالدة تضم نظرياتهم في الطبيعة والنفس والمنطق والاخلاق والسياسة والميتافيزيقا والرياضة ، وأن هذه العلوم كلها تؤلف ما يعنون بالفلسفة ، حين تحدثوا في العلم الطبيعي لم يكن بحثهم تجريبيا وإنما بحثهم فلسفي ميتافيزيقي ، كما أنهم لم يكونوا فلاسفة طبيعيين مثل سابقيهم .

يؤكد كل مؤرخي العلوم الطبيعية أن العلوم اليونانية هي الشكل الكامل للعلوم التي سبقتها وهي تعبر بوضوح أن العلماء الحقيقيين ليسوا أولا ممن يكتشفون أشياء كثيرة ، لكن ممن يؤلفون المعارف في نظام تقوم وحدته على ارتباط عناصره ، ارتباطا داخليا للاء مع المقتضيات العقلية

أفلاطون والبحث في العالم الطبيعي : Plato (٤٢٧ - ٣٤٧ ق.م) :

لماذا نغنى بأفلاطون في كتاب عن العلم الطبيعي ؟ إن أفلاطون لم يقدم للعلم التجريبي أية مساهمة على الإطلاق ، ولم يقدم أى إنتاج خاص في الرياضيات كما يرجع المؤرخون وإن كان مطلعاً فحسب على الرياضيات ، صحيح أنه كتب على باب أكاديميته « لا تستطيع الدخول هنا إلا إذا عرفت الهندسة » إلا أن أفلاطون لم يساهم مساهمة تذكر في الرياضيات ، إلا أن تأثيره أعطى الرياضيات دون شك إحتراما وتقديرا ، جذب إليها عقولا جيدة فيما بعد ، ولما كان هذا التأثير تجريديا وتأمليا بلا ريب ، فقد أبعد الرياضيات عن أصلها في الخبرة العملية والتطبيق وأعاق تطورها ، غير أنه ثابت من كتاب القوانين ، كما يقول « رسل » : أنه كان على جهل بالرياضيات^(١) إلى وقت متأخر نسبيا من حياته ، كما أنه بذل جهدا لاعادة العنصر الغيبي إلى الفلك حيث زواج بين الفلك والرياضة - الفلك كما ينبغي ، لا كما هو موجود فعلا . ولم يترك فرصة للتعبير عن احتقاره للتكنيك والحرف إلا واستغلها .

(١) ألكسندر كواريه : مدخل لقراءة أفلاطون ترجمة عبد المجيد أبو النجا مراجعة د. أحمد فؤاد الأهواني

الدار المصرية للتأليف والترجمة يناير ١٩٦٦

وأيقضا : د. عبد العظيم أنيس : « الحضارات القديمة واليونانية » وزارة الثقافة المؤسسة المصرية

للتأليف والنشر دار الكاتب العربي ١٩٦٧

وأيقضا : د. محمد غلاب : الخصوبة والخلود لأفلاطون في إنتاجه . مذاهب وشخصيات

١٩٦٢

وأيقضا : راجع برتراند رسل : تاريخ الفلسفة الغربية ترجمة د. ركي نجيب محمود الفصل الخاص بأفلاطون

الحقيقة أن أفلاطون ، كان له تأثير بارز جداً على كل المفكرين والفلاسفة والعلماء الذين أتوا بعده ، ولقد كانت آراؤه شديدة التأثير وقوية الإقناع الظاهري إلى درجة أن علماء العصر الوسيط وعصر النهضة لم يستطيعوا الفكك منها ، إلا أن اهتمامه بالرياضيات وهى عنصر ضرورى فى العلم الحديث ، دفعت دراسة المنطق خطوات إلى الأمام ، أكثر من كل المفكرين الذين سبقوه . وفوق ذلك فإن نظريته فى العلاقة بين الإدراك الحسى والتعلق بعالم غير محسوس قد أدت إلى نتائج كلاسيكية هامة أفادت مستقبل العلم فائدة ضخمة ، فهو يميز بشكل واضح بين الإدراك الحسى والفكر

افترض أفلاطون فى مذهبه فى خلق الكون أن النار والهواء والماء والتراب وجدت كلها من قديم ، أو منذ الأزل ، ولم توجد بفعل فاعل ، وأن الأرض والشمس والقمر والنجوم فطرت من هذه العناصر الجامدة ، التى لا روح فيها ، والتى تتحرك بالمصادفة البهتة والقوى الكامنة فيها ، فالنار مؤلفة من ذرات هرمية أى ذات أربعة أوجه تشبه سن السهم لذلك كانت أسرع الأجسام وأنفذها ، والهواء مؤلف من ذرات ذات ثمانية أوجه أى من هرمين ، والماء من ذرات ذات عشرين وجهاً ، والتراب أثقل الأجسام من ذرات مكعبة ، ظلت العناصر مضطربة هوجاء « كما يكون الشئ وهو خلو من الإله » حتى عيّن الصانع لكل منها مكانه ، وترتيب حركته ، فكانت الأيام والليالى والشهور والفصول ، ورأى الصانع أن خير مقياس للزمان حركة الكواكب ، فأخذ ناراً وصنع الشمس والقمر والكواكب الأخرى مشتعلة مستديرة وجعل لكل منها تحركه^(١).

نلاحظ أن أفلاطون لم يبحث فى علم الطبيعة بالمعنى الدقيق وإنما كان مهتماً فى بحثه الطبيعى بأصل الكون والمادة الأولى التى نشأت عنها الأشياء الجزئية وصلتها بالله كصانع وخصائص تلك المادة الأولى .

كان أفلاطون يائسا من اليقين فى العلوم الطبيعية لاعتماد تحصيلها على الحواس ، لذلك فهو يرفضها ويقضى بعدم جوازها ، لأن العلم فيها لا يعدو الظن والاحتمال ، فالعلم عنده لا يكون علماً إلا إذا كان مرتباً بالعقل رؤية اليقين ، واليقين المنشود عنده لا يتحقق إلا فى الرياضة من جهة وفى الميتافيزيقا من جهة أخرى^(٢). والفرق بينهما هو أن الرياضة تستند إلى فروض تبدأ منها استنتاجاتها اليقينية ، وأما الميتافيزيقا فهى رؤية الصور الكاملة

(١) يوسف كرم : « تاريخ الفلسفة اليونانية » دار المعارف ١٩٤٩ .

وأيضاً : د. محمد على أبو ريان : « تاريخ الفكر الفلسفى » « الفلسفة اليونانية » من طاليس

إلى أفلاطون ص ٢٢٤

(٢) د. زكى نجيب محمود : « نحو فلسفة علمية » ص ١٦٣ مكتبة الأنجلو المصرية الطبعة الأولى

للأشياء ، أى المثل رؤية مباشرة بالمواجهة الهندسية ، كما تواجه قرص الشمس لترها .

أرسطو والبحث فى العلم الطبيعى (٣٨٤ - ٣٢٢ ق.م) :

أطلق أرسطو الفلسفة على العلم بأعم معانيه - النظرى من طبيعيات ورياضيات وإلهيات ، والعمل من أخلاق وسياسة واقتصاد ، وأعتبر الفلسفة بمعناها الضيق وهو ما نسميه اليوم بما بعد الطبيعة (أى الميتافيزيقا) علم الموجودات بعلمها الأولى أو علم الوجود بما هو كذلك ، مجرداً من كل يقين ، وعرف أرسطو الفلسفة بأنها البحث فى الوجود بما هو موجود بالإطلاق ، أو هى البحث فى طبائع الأشياء وحقائق الموجودات رغبة فى معرفة العلل البعيدة والمبادئ الأولى ، وغاية البحث الفلسفى كشف الحقيقة لذاتها بصرف النظر عما يترتب عليها من نتائج وآثار . والعلم الطبيعى عند أرسطو هو الفلسفة الثانية على اعتبار أن الفلسفة الأولى هى ما سمي بعد الطبيعة .

يمكن استخلاص وجهة نظر أرسطو فى العلم الطبيعى من كتابيه « الطبيعيات » Phisica و « فى السماء » De caelo وهذان الكتابات يرتبطان بشكل وثيق ، حيث كان لهما تأثير شديد ، فقد سيطر كل منهما على روح العلم حتى عصر « جاليليو » .

وما تزال كثير من الكلمات مثل (عالم ما تحت القمر) وغيرها من الكلمات المألوفة لنا مشتقة من النظريات المذكورة فى هذين الكتابين . ولذا فلا بد من تلخيص الأفكار الأساسية لهذين الكتابين ، على الرغم من أنه يصعب اليوم قبول أى فكره من أفكار هذين الكتابين على ضوء نتائج أبحاث العلم الحديث .

تعتبر الفيزياء عند « أرسطو » مفتاح فهم العالم . وماعناه « أرسطو » بالفيزياء ليس مانعنيه اليوم (قوانين حركة المادة غير الحية) بل على العكس ففيزياء (أو طبيعة) أى كائن هى اتجاه نمو هذا الكائن وكيف ينمو عادة . لقد بدت لليونانيين أهمية مجموعتين من الظواهر : حركة الحيوانات ، وحركة الأجسام السماوية . وعند رجل العلم الحديث ، يعتبر جسم الانسان فى حكم ماكينة مفصلة ودقيقة جداً ، ذات تركيب فيزيائى وكيميائى معقد . أما بالنسبة لليونانيين ، فقد بدا أكثر طبيعية أن يؤلفوا بين الحركات التى لاهياة فيها وبين حركة الحيوانات . ومازال الانسان حتى اليوم يميز الحيوانات الحية عن الأشياء الأخرى بحقيقة أنها تتحرك من تلقاء نفسها . وقد كانت هذه الخاصية نفسها هى أساس نظرية العلم الطبيعى « الفلسفة الثانية » عند « أرسطو » والتى شجعت على هذا أبحاثه فى علم الحيوان . ولكن ماذا عن الأجرام السماوية ؟ إنها تختلف عن الحيوانات بانتظام حركاتها ، وربما كان ذلك نتيجة كمالها الأعلى . ولقد كان كل فيلسوف يونانى يتعلم فى

طفولته أن ينظر إلى الشمس والقمر كإلهين .

وعندما ينظر الفيلسوف إلى الأجسام السماوية كأجسام مقدسة ، يكون من الطبيعي أن يعتقد أنها تتحرك بإرادة مقدسة ، لها ولع بالنظام والبساطة الهندسية . وهكذا فالمنبع النهائي لكل حركة هو الإرادة ، إرادة الكائنات البشرية والحيوانات على الأرض ، وإرادة المحرك الأول بالتصور اليوناني التي لا تنتغمر .

إن الفيزياء عند أرسطو ، هي ما يسميه اليونانيون Phusis^(١)، وهي كلمة ترتبط بفكرة النمو ، وهذه الكلمة ليس لها المعنى الذي تعطيه كلمة الطبيعة اليوم . إن طبيعة الشيء عند « أرسطو » هي غايته ، التي من أجلها يوجد ولذا فللكلمة معنى غائى . فبعض الأشياء توجد بالطبيعة ، والبعض الآخر من أسباب أخرى ، والحيوانات والنباتات والأجسام البسيطة كالعناصر توجد بالطبيعة . إن لديها مبدأ داخلها^(٢) للحركة ، والطبيعة هي مصدر الحركة والسكون ، وللأشياء طبيعة إن كان لها مبدأ داخل من هذا النوع . ولذا فالطبيعة هي في الشكل أكثر منها في المادة ، وما هو بشكل كامن لحم أو عظم لم يحصل بعد على طبيعته ، ووجهة النظر هذه تبدو ، وكأن علم الأحياء يوحى بها . فالثمرة هي بشكل كامن شجرة ما .

إن الطبيعة تنتمي إلى فئة من العلل التي تعمل من أجل شيء ، وهذا يؤدي بدوره إلى مناقشة وجهة النظر التي تقول أن الطبيعة تعمل بالضرورة دون غرض ، وهو الأمر الذي يرفضه « أرسطو » وهو يقول إن هذا لا يمكن أن يكون صحيحا ، لأن الأشياء تحدث بطريقة ثابتة . وعندما تصل السلسلة إلى نهايتها فإن كل الخطوات السابقة عليها هي من أجل هذه النهاية ، والأشياء الطبيعية ، بالحركة المستمرة النابعة من مبدأ داخل ، تصل إلى نوع من الاكتمال يقول أرسطو « أنه لما كان كل متحرك إنما يتحرك بفعل شيء ما بالضرورة سواء كان متحركا بفعل شيء متحرك أو كان هذا المتحرك الأخير متحركا بفعل متحرك آخر - متحرك أيضا ، وهذا الأخير بفعل متحرك آخر متحرك أيضا ، وهذا الأخير بفعل متحرك آخر وهكذا^(٣) .

(١) د. عبد العظيم أنيس « المحاضرات القديمة واليونانية » ص ٢١٩ دار الكاتب العربى ١٩٦٧ وزارة الثقافة المؤسسة المصرية العامة للتأليف والنشر

(٢) مانعني بالحركة هنا ما يعبر عنه بكلمة Motion وهي ذات معنى أوسع من معنى الحركة الآلية أو النقل Locomotion فبالإضافة إلى الحركة الآلية تتضمن الكلمة الأولى التغيير في الكيف أو الحجم .

(٣) د. محمد على أبو ريان : « تاريخ الفكر الفلسفى » أرسطو دار الكاتب العربى ١٩٦٧ ص ١١٣

فإنه يجب بالضرورة الوقوف عند محرك أول ، وألا نستمر إلى ما لانهاية ، ولهذا لزم القول بمحرك أول ثابت يترك ولا يتحرك .

إن موقف أرسطو من العلم الطبيعي الذي ذاع صيته قد عاق تقدم هذا العلم حوالى ألفى عام . حتى قال البعض إن بعض دم برونو وجاليليو في عنق أرسطو^(١).

ينبغي أن نقول مباشرة أن وجهة نظر « أرسطو » في الحركة المستمرة تتناقض مع نسبية الحركة بالمعنى الحديث ونحن اليوم نقول أنه عندما تتحرك « أ » بالنسبة « ب » ، فإن « ب » تتحرك نسبياً إلى « أ » ولامعنى إذن لأن نقول أن إحدهما تتحرك بينما الأخرى ساكنة .

« وأرسطو ، عندما يبحث عن تفسير علمى لسقوط حجر مثلاً إلى الأرض ، لا يجد ما يقوله لنا إلا : هذه هي طبيعته وهي إجابة لا تخرج في الواقع عن القول بأن هذه هي إرادة الله ، وإن بدت أكثر علمية . ولذا لم يكن تفسير « أرسطو » للعالم أكثر معقولة من تفسير أفلاطون .

نظرية أرسطو في العلل الأربعة :

الطبيعة عند أرسطو تعمل لغاية ، وأن جميع العلل فيها موجهة لتحقيق غايات ، وأن أى شيء يحدث في الطبيعة ، إنما يحدث لغاية ما ، ولما كانت كلمة « الطبيعة » تعنى أمرين المادة والصورة ، وكانت الصورة هي الغاية التي من أجلها يتم إنجازها الشيء ، ومن ثم فإن أرسطو يقيم الضرورة الغائية مكان الضرورة الميكانيكية ، والضرورى في الأشياء الطبيعية هو المادة والحركة وعلى الفيزيائي أن يبحث في نوعين من العلل المادية والغائية على أن يكون ميدان بحثه الحقيقي هو العلل الغائية ، ذلك لأن الغاية علة للمادة وليست المادة علة الغاية هي ماتضعه الطبيعة نصب أعينها . أما في أمور الحرف والصناعة فإن الغاية متقدمة على العلل الأخرى^(٢).

لقد أنشأ « أرسطو » عالمه الطبيعي في صورة عالم اجتماعى مثالى ، يكون فيه الخضوع هو الحالة الطبيعية . وفي هذا العالم عرف كل شيء مكانه ، وفي معظم الأحيان يلتزم به ، فالحركة الطبيعية تحدث فقط عندما يكون الشيء في غير مكانه ويميل إلى العودة إليه مرة أخرى ، كالحجر عندما يسقط إلى الأرض ، أو الشرارة عندما تنطلق إلى أعلى لتنضم إلى النيران الثانوية وهذا ينطبق فقط على الأشياء التي ليس لها حركة خاصة بها . فمن طبيعة

(١) د. عبد العظيم أنيس . « الحضارات القديمة واليونانية » دار الكاتب العربى ١٩٦٧ ص ١٢١

(٢) اجمع د. محمد على أبو ريان تاريخ الفكر الفلسفى أرسطو ص (٨٦ - ٩٠) ١٩٦٧

الطير أن تطير في الهواء ، ومن طبيعة السمكة أن تسبح في الماء . إن هذا الواقع هو ما خلقت الطيور والأسماك من أجله . وفي هذا نرى أحد أفكاره الأساسية ، فكرة العلل الغائية التي نلاحظها في سلوك الكائنات ، بل وحتى المادة ، بهدف الوصول إلى غايات مناسبة .

اعترف أرسطو بعلل أخرى ، مثل العلة الصورية والعلة الفاعلة ، اللتين تقدمان الدعامة المادية وتجعلان الأشياء تعمل ، ولكنه اعتبرهما أسباباً أدنى من العلل الغائية . ولقد كان هذا المبدأ لعنة على العلم ، إذ أنه يقدم وسيلة كاذبة لتفسير أى ظاهرة بالتسليم بوجود غاية مناسبة لها ، دون أن نكلف أنفسنا بحث كيف تعمل هذه الظاهرة .

لقد كان النضال ضد العلل الغائية في العلم طويلاً ، ومازال النصر حتى اليوم غير كامل ووفق رأى « أرسطو » فالحركة الطبيعية غائية ، وكل حركة أخرى تحتاج إلى محرك كالخيل عندما يجر العرب ، والعبيد عندما يجرون عربات الحرب ، أو كالمحرك غير المتحرك عندما يحرك السماء .

ومع ذلك فماذا يمكن أن يقال عن الحركة العنيفة ، كحركة السهم عندما ينطلق من القوس ؟ منذ زمن طويل كانت هذه المسألة صعبة لدى الفكر اليوناني ، ولقد أثبت « زينو » بالمنطق أن السهم لا يتحرك أبداً . غير أن هذا الحل لم يكن من الممكن أن يقبله « أرسطو » ولذا كان لابد من البحث عن حل آخر . ولقد وجد « أرسطو » هذا الحل الآخر عندما ادعى بأن الهواء هو الذى يحرك السهم ، فالهواء يفتح أمامه ويقفل خلفه .

وغنى عن البيان أن هذا التفسير خاطئ ، ولقد أدى هذا الخطأ إلى خطأ آخر تبين أنه كان حجر عثرة أمام العلم الطبيعي فيما بعد . فإذا كان الهواء ضرورياً للحركة ، والحركة العنيفة موجودة في عالم ما تحت القمر ، فلا بد إذن أن هذا العالم ملىء بالهواء ، والفراغ إذن مستحيل . وأحياناً يستخدم « أرسطو » حجة أخرى ضد الفراغ ، وهى تبدو متناقضة مع الأولى . فهو يقول : (لما كان الهواء يقاوم الحركة ، فإنه إذا سحب الهواء فإن الجسم إما أن يقف ساكناً بسبب أنه لا يجد مكاناً يذهب إليه ، أو أنه إذا تحرك ، فإنه يستمر في الحركة بنفس السرعة إلى الأبد . ولما كان هذا غير معقول فلا بد من التسليم بأنه لا يوجد فراغ .

تقسيم العلوم عند أرسطو :

إن أرسطو يقسم العلوم إلى نظرية وعملية وصناعية فنية ، إن الغاية المباشرة لكل من

هذه العلوم هي المعرفة ، أما الغاية البعيدة فهي المعرفة للعلوم النظرية والعمل الخلقى للعلوم العملية . وأخيرا صنع الأشياء النافعة والجميلة للعلوم الصناعية .

والعلوم النظرية تشمل الرياضيات والطبيعة وعلم ما وراء الطبيعة (الميتافيزيقا) . وعلم الطبيعة يدرس الموجودات المادية الموجودة حقا من حيث هي متحركة ، فالنفس الطبيعية عند أرسطو هو الذى يتعلق بالمادة فى الحقيقة وفى الذهن ، فلن نستطيع تصور الانسان إلا فى اللحم وعظم .

وهكذا سائر الموجودات الطبيعية فى المادة التى تلائمها . وكل ما هو مادي فهو متحرك ، وموضوع العلم الطبيعي الوجود المتحرك حركة محسوسة بالفعل أو بالقوة^(١) . تليه الرياضيات التى تدرس كائنات مادية لا وجود حقيقى لها انفصلت عن الكائنات الطبيعية وموضوعها الأعداد والأشكال الهندسية وهى غير متحركة .

الفلسفة الطبيعية عند « أرسطو » :

يمكن تحديد الموضوعات التى بحث فيها « أرسطو » فى مؤلفاته الطبيعية على الشكل الآتى :

١ - العلل الأولى والعناصر التى تقوم عليها الطبيعة التى تظهر مرتبطة بكل تبدل (كتاب الطبيعيات القسمان الأول والثانى) ثم الحركة الطبيعية على الإجمال (الطبيعيات من القسم الثالث إلى الثامن) .

٢ - نظام وحركة الكواكب (كتاب فى السماء : القسمان الأول والثانى) عدد وطبيعة العناصر الأرضية وكيفية تحولها فيما بينها (كتاب فى السماء : القسمان الثالث والرابع) .

٣ - الكون (النشأة) والفساد^(٢) .

٤ - كل ما يعم حسب الطبيعة والكائنات الحية من نبات وحيوان وإنسان .

حين يطلق « أرسطو » لفظ الطبيعة على العالم ، لا يقصد أن يدل على موجود واحد مركب من نفس وجسم ، بل يريد مجموع الأجسام مرتبة فى نظام واحد ، إن علم الطبيعة يعالج الأجسام الطبيعية بنوع الإجمال ، أو طبيعة الأجسام التى تتميز بالحركة

(١) راجع يوسف كرم : « تاريخ الفلسفة اليونانية » دار المعارف ١٩٤٩ ص ١٣٣

(٢) أرسطو طاليس : « الكون والفساد » ترجمة أحمد لطفى السيد - مجموعة من الشرق والغرب الدار القومية ، بدون تاريخ .

والسكون ، وهذا التحديد يشمل الكائنات الحية والعناصر وكل ماينتج عنها وتكون حركة هذه الجواهر الطبيعية إما حركة دورية ، وإما اتجاه وسط العالم أو بعيداً عنه . وللأشياء المصنوعة حركة طبيعية بسبب العناصر التي تتكون منها .

العلم الطبيعي عند أرسطو هو دراسة الموجودات المتحركة حركة محسوسة يمكن إدراكها بحواسنا الظاهرة وقد تكون الحركة تامة أى بالفعل ، وقد يكون مجرد استعداد أى بالقوة . وغاية العلم الطبيعي عند « أرسطو » المعرفة ، بمعنى تفسير الظواهر الطبيعية تفسيراً عقلياً ، ويهدف اكتشاف العلل الأولى للأشياء عن « الكون والفساد » ، وعلل أى تغير طبيعى . يضع « أرسطو » مبادئ ثلاثة يفسر بها الوجود الطبيعى أولها « الهوى » وهى موضوع التغير وثانيها « العدم » وهو نقطة نهاية صورة وبداية صورة أخرى ، ولا يمكن تحديد هذا العدم ، والمبدأ الثالث هو « الصورة » وهى التي تحدد شكل الهوى وتعينه كموضوع ، وبمعنى آخر الصورة والهوى يتحدان اتحاداً جوهرياً ليكونا موجوداً واحداً ، كل منهما مفتقر إلى الآخر ويمكن تصور انفصلهما فى الذهن فقط بالاستناد إلى الواقع المحسوس ، والصورة المفارقة عند أرسطو هى الله والعقول المفارقة التي تدير الكواكب وتحركها ، أما بقية الموجودات الجوهرية فهى صور فى هوى لا يمكن أن تنفصل . إذن الصورة والهوى هما المكونان الأساسيان للوجود الطبيعى فالصورة هى الماهية أو المبدأ بالنسبة للموجودات .

يعرف أرسطو الماهية بأنها ما من شأنها أن تجعل الموجود يستمر فى الوجود حسب حصوله أو حدوثه لأول مرة فى هذا الوجود . أى أن الماهية هى التي تضمن أو تؤكد استمرار وجود الشيء وتحققه كفعل ، والصورة لاتنحل أبداً إلى وجود آخر ، وأما الهوى فهو دائماً موضوع التغير .

وعند أرسطو : الصورة مبدأ أول للوجود الطبيعى لأنها فعل ، أما الهوى فهو قوة ، والفعل متقدم على القوة فى المرتبة .

يقول « أرسطو » أن نسبة الفعل إلى القوة هى كنسبة المستيقظ إلى النائم أو كنسبة الشيء التام إلى الشيء غير التام ، ويؤكد أنه لا يمكن أن يقال عن الفعل أنه تمام الشيء وكأله إلا إذا صحبته صفة الاستمرار ، ولهذا يقال أن فعل العين هو الرؤية بشرط صفة الاستمرار للرؤية ، حتى يمكن أن يقال أنه فعل العين بتمامه وكأله ، وليس للقوة أى مفهوم إلا باضافتها إلى الفعل ، إذ أن الفعل يظل دائماً المركز الذى تنجه إليه جميع الموجودات التي تكون بالقوة . ويرفض « أرسطو » التسليم بوجود اللا محدود أو اللامعين قبل المحدود أو المعين ، فأى شيء فى الوجود لابد أن تكون له ماهية حتى يكون له وجود معين بالفعل .

التغير والحركة والزمان والمكان :

إن الطبيعة هي جملة الموجودات المادية والمتحركة أو المتبدلة بمعنى التغير ، وكل تغير فهو من طرف إلى طرف ضده . والتغير من اللاوجود إلى الوجود يسمى كوناً ، والتغير العكسي أى من الوجود إلى اللاوجود يسمى فساداً . الحركة عند أرسطو هي خروج ما كان بالقوة إلى الفعل^(١) ، فالأحجار المتراسة هي البيت بالقوة وحين يتم البناء تصبح بالفعل ، بمعنى آخر - الحركة ليست قوة فقط ولا فعلاً فقط ولكنها مزيج من الإثنين ، إنها فعل غير كامل أو فعل يقترب بالقوة ، لأن الفعل يعنى انتهاء الحركة ولا قوة فقط لأن القوة قائمة وحدها قبل بدء الحركة . وتحليل الحركة عند أرسطو يدعو إلى تمييز عدة عناصر هي :

المحرك والمتحرك ، ثم زمان الحركة ونقطة انطلاقها ونقطة وصولها . أما السكون فهو غاية الحركة . إن الحركة هي حركة بين ضدتين أو بين نقيضين في حين أن الحركة الدائرية لا تتوقف فكيف يمكن أن يقال أن هذه الحركة انتقالاتاً من طرف إلى طرف ضده . والحركة عند أرسطو من طرفي انجباى إلى نقيضه تنقسم إلى ثلاثة أنواع :

(أ) الحركة المكانية وأسمائها نقلة : وهي الحركة الموضعية الظاهرة ، وللكائن الحي نقلة ، تختلف عن الحجر والكواكب التي تتحرك حركة دائرية .

(ب) الحركة الكمية وهي نمو ونقصان : وذلك كما يكبر الطفل ليصبح شاباً وحينما يضمّر المريض لقلة الغذاء

(جـ) الحركة الكيفية وهي استحالة : كتغير لون الجلد في حالة المرض .

ويرتبط بالحركة الزمان والمكان - إن العالم محدود الامتداد ولا يوجد مكان خارج عنه - أما الزمان فهو غير محدود والعالم أزل . وأما المكان : فنوعان : مكان مشترك يوجد فيه جسمان أو أكثر ومكان خاص يوجد فيه كل جسم أولاً ، فمثلاً أنت الآن في السماء لأنك في الهواء ، والهواء في السماء ، ثم أنت في الهواء لأنك على الأرض وأنت على الأرض لأنك في هذا المكان الذي لا يحوى شيئاً لأن الله هو الذى يحركه ، وإن كان الله ليس علة فاعلية عند « أرسطو » لأن العالم يتحرك من ذاته ، والحركة قديمة ، وهناك أفلاك أخرى توجد فيها نجوم تحركها كائنات غير مادية إلهية نوعاً ما ، هي عقولها ، والأرض تقع في الوسط وتتألف من العناصر الأساسية الخمسة : الأثير والهواء والنار

(١) اعتمدت على المراجع :

يوسف كرم : « تاريخ الفلسفة اليونانية » ص ١٥٠ - ١٥٣

د. محمد علي أبو ريان : « تاريخ الفكر الفلسفي » أرسطو ص ١٠٧ - ١٠٨

د. عبد الرحمن بدوي . « ربيع الفكر اليوناني » ص ١٢٨ وما بعدها

والماء والتراب . إن الأثير يملأ الأجواء السماوية ومنه تتكون الأفلاك والنجوم ، أما العناصر الأخرى فهي على الأرض وتختلف فيما بينها ، حسب الثقل أو الخفة ، ثم الحرارة أو البرودة ، وأخيرا الرطوبة واليابس . والكائنات الطبيعية تنظم بالتسلسل ، الجماد في الأسفل ، ثم يليه في الدرجة الأعلى النبات ، وفوقه الحيوان وأخيراً الإنسان ، وكل كائن يحتوى على خصائص ، وقوة الكائن القائم تحته في التسلسل . ثم إن النبات يتغذى وينمو ويتكاثر ، ويليه الحيوان ، وهنا يضيف « أرسطو » إلى وظائف الحيوان الإدراك الحسى والشهوة والتحرك المكافى .

وأخيرا الانسان الذى لديه ما لدى الحيوان والنبات مع اضافة العقل مما يمكنه من أن يكون عملياً ونظرياً .

الفلك عند أرسطو :

يقسم « أرسطو » العالم إلى قسمين : عالم ما تحت القمر وعالم ما فوقه - أى عالمنا ، وعالم النجوم والكواكب ، العالم الفوقى يتكون من كائنات بسيطة وهو أزل ، الحركة فيه لاتعنى الانتقال إلى الضد لأنها دائرية ، أما الأرض فهي قائمة فى الوسط ضمن أفلاك سبعة وهى غير متحركة . يقدم أرسطو فى كتابه فى السماوات نظرية بسيطة وطريفه فى الفلك . الأشياء أسفل القمر تخضع للتوالد والتحلل ، أما ابتداءً من القمر فما فوق فكل شئ غير قابل للتوالد أو الهدم .

والأرض فى مركز الكون ، وفيما تحت القمر يتكون كل شئ من أربعة عناصر (الهواء والماء والتراب والنار) ولكن هناك عنصرا خامسا تتكون منه الأجسام السماوية ويسمى الأثير ، والحركة الطبيعية للعناصر الأرضية الأربعة هى مستقيمة ، بينما حركة العنصر الخامس دائرية . والسماوات عند « أرسطو » كرات كاملة والأجزاء العليا أكثر قداسة من الأجزاء السفلى وعنده أيضا أن النجوم والكواكب لاتتكون من النار . وما حركة هذه النجوم والكواكب إلا نتيجة حركة كرات ربطت بها هذه الأجرام السماوية^(١).

إن السماء الأولى تدور دورة النهار من الشرق إلى الغرب وتم دورتها بأربع وعشرين ساعة تعود فى آخرها النجوم الثابتة إلى نقطة انطلاقها ، أما الكواكب الأخرى فإنها تتحرك من الغرب إلى الشرق ولكل واحد منها سرعة خاصة به ، ودوران يختلف

(١) يوسف كرم « تاريخ الفلسفة اليونانية » ص ١٤٢

وأيضاد. عبد الرحمن بدوى . « ربيع الفكر اليونانى » مكتبة النهضة المصرية ١٩٦٩ ص ١٣٤ .

باختلاف قطر الفلك ، والسماء الأولى تحيط بالأفلاك كلها ، وينتج عن اتجاه دورانها المعاكس لدوران الأفلاك الأخرى تقسيم اليوم إلى نهار وليل . لقد قدمت هذه النظرية صعوبات عديدة في الأجيال التالية . فالشهب ، التي عرف أنها تتحطم نسبت إلى كرة ما تحت القمر ولكن في القرن السابع عشر وجد أنها ترسم مسارات حول الشمس ونادراً ما تكون قريبة إلينا قرب القمر . ومن الصعوبات أيضاً أنه لما كانت الحركة الطبيعية للأجسام الأرضية مستقيمة ، فقد ظن أن القذيفة التي تطلق بشكل أفقى تتحرك أفقياً لفترة ثم تبدأ فجأة في السقوط رأسياً . ولذا كان اكتشاف جاليليو بأن القذيفة تتحرك في قطع مكافئ ، صدمة قاسية للعلماء المؤمنين بأرسطو . ولقد هاجم كوبرنيك وكبلر وجاليليو مواقف أرسطو ، عندما أكدوا أن الأرض ليست مركز الكون ، ولكنها تدور حول نفسها مرة في اليوم ، وتدور حول الشمس مرة كل سنة . وسيأتى ذكر ذلك بتفصيل أكثر بعد صفحات قلائل .

المادة عند أرسطو :

يُميز أرسطو بين المادة الأولى والمادة الثانية ، الثانية هي كل الأشياء المادية التي نعرفها كالخشب والحديد والحجر والتي هي جواهر قائمة بذاتها ولا تسمى مادة إلا بالنسبة لما يصنع منها كالمنضدة والصندوق والجلدار ، أما المادة الأولى فهي لا توجد في ذاتها ، لأنها ليست جوهراً كاملاً ، إنها مبدأ يحدد بعلاقته الجوهرية مع الصورة . إن الصورة والمادة هما في عالم الأجسام دائماً متحدتان ، وتتميز الواحدة عن الأخرى تميزاً حقيقياً لا يدركه الحس لكن يدركه العقل والمادة الأولى هي واحدة عند أرسطو ، وهي قابلة للتشكل في صور ، ولذلك تصبح الصيرورة ممكنة ، كما أن المادة هي أصل الكثرة ، فالطبيعة الانسانية واحدة من ذاتها ولا توجد كثرة من البشر إلا بسبب المادة التي تظهر بتعدد الأجسام ، ويرهن أرسطو على وجود المادة والصورة من تحليل التغير الجوهرى ، ولنأخذ مثلاً على ذلك الإنسان ، الذى يأكل ثمرة وبالتالي يفتنها والثمرة لم تعد ثمرة حين أكلها وهضمها الإنسان . فالعنصر الذى زال هو الصورة والذى يجعل الثمرة ثمرة بينا العنصر الذى انتقل إلى الإنسان وهو مشترك بينه وبين الثمرة هو المادة . كما كان أرسطو عدواً للنظرية الذرية إذ هاجمها هجوماً شديداً في صفحات كتابه « الميتافيزيقا » وتابعة في ذلك في العصور الوسطى ديكارت والكثير من الفلاسفة الأوروبيون^(١).

(١) يوسف كرم : « تاريخ الفلسفة اليونانية » - دار المعارف ١٩٤٩ ص ١٥٣

Burnet, Early Greek Philosophy, 1927

وأيضاً :

وأيضاً د. محمود فهمى زيدان : « الاستقراء والمنهج العلمى » ، دار الجامعات المصرية ١٩٧٧

ص ١٧٥

العلم الطبيعي عند أرسطو يتميز بتحديد موضوع العلم ومنهجه وتخطيه مرحلة المعرفة المبعثرة إلى النظام الذى يبنى على مبادئ أولى وبسيطة ، تستنبط منها كل المعارف التى يتكون منها النظام ، كما نجد إلى جانب ذلك ابرازاً صريحاً لمفهوم العلم سواء من جانب العمليات العقلية أو من جانب الحقائق أى محتوى العلم . فبينما كان « أفلاطون يبين أن المعرفة ترتفع تدريجياً من الحس إلى الظن إلى المعرفة الرياضية التى تبقى افتراضية . وأخيراً إلى المعرفة الجدلية الفلسفية التى تبلغ نهاية العلم - إذ تنتهى إلى المبدأ الأخير الذى ينكشف كل شيء على نوره للإنسان . أما « أرسطو » فيميز بين العلوم من جانب موضوعها ومنهجها - ولكنه يبين فى الوقت عينه وحدتها ، فالعلم الطبيعي هو غير العلم الرياضى ، وهذا الأخير يختلف عن الميتافيزيقا فالعلم هو معرفة العلل والمبادئ والأصول . وفيه ينتهى الإنسان إلى ماهو ساطع وواضح بذاته وما يمتد سطوعه إلى بقية العلوم . إن الأساس الذى تبنى عليه معجزة العلم الأرسطى أنه أعطى بعداً جديداً فى تاريخ العلوم بمفهوم العلم وضرورة التوحيد بين العلوم . ولذلك يعتبر أرسطو أول فيلسوف يتجه نحو توحيد آراء الإنسان عن العالم الطبيعي . وهذا فضل تدين به الإنسانية للمعلم الأول .

بدايات علم الطبيعة الحديث

لم يكن من العجيب أن يؤمن الناس قديماً بأن الكرة التي يقفون عليها هي مركز الكون ، وأنها ثابتة لا تتحرك بينما دأبت الأجرام في السماء على الدوران من حولها ، إن مفكراً من ذوى الآراء الثورية يدعى ارستارخوس^(١) Aristarchus وهو فيثاغورى متأخر من مدينة ساموس Samos خرج بفكرة في القرن الثاني قبل الميلاد ذهب فيها إلى القول بأن النجوم ثوابت وأن مانراه من حركتها هو مجرد حركات ظاهرية ناجمة عن دوران الأرض . وأن الشمس هي مركز الكون . ولم يكن هناك إلا عدد قليل من الناس على استعداد لتقبل هذا الرأي .

وفي النصف الأول من القرن الثاني الميلادى نجح « كلوديوس بطليموس » (١٢٧ - ١٥٧ م) - « Claudius Ptolemy » وهو من كبار علماء الفلك اليونان الذين استقروا بمدينة الاسكندرية حين كانت مصر تحت حكم الرومان وهو لا ينتسب إلى بطلمية مصر - في التدليل على أن الأرض ثابتة وهي مركز الكون - وكتب البقاء لهذا الرأي أكثر من ألف عام . وهو أول من أقام علم الفلك النظرى ورصد الكواكب لمعرفة القوانين ووضع النظريات التي تفسر سيرها^(٢) وتمعل ظهورها واختفائها ، وألف كتابه « المجسطى »^(٣) الذى ظل المرجع الرئيسى فى علم الفلك حتى مطلع القرن الحديث^(٤) .

وقد ظل الأمر على حاله هكذا حتى بدأ الإهتمام فى عصر النهضة Renaissance بدراسة تلك المسألة على أساس علمى . وبدأ التفكير فى وجود نظام آخر يزودنا بتفسير أكثر سلامة وأقرب مطابقة للأرصاء الفلكية .

كان علم الفلك Astronomy من العلوم القليلة التى لم تهمل بسبب حاجة رجال الكنيسة إليه فى التقويم ، وتحديد مواقيت الأعياد ، أو لاعتقادهم فى رؤية الطالع ولما تفجّر القرن الخامس عشر بنور العلم وبداية الاختراع لآلة الطباعة وبدأت حركة الترجمة للكتب

(١) ولد حوالى سنة ٣١٠ ق.م وتلمذ على يد أستاذه هيبارخوس

راجع Sarah. K. Bolton, "Famous men of science" Newyork
copyright 1960

(٢) راجع د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى دار الجامعات المصرية ١٩٧٧ ص ١٥٠

(٣) د. توفيق الطويل : أسس الفلسفة دار النهضة العربية ١٩٦٧ ص ٤٠

(٤) ترجم ثابت بن قرة (٨٣٥ - ٩٠٠ م) كتاب بطليموس فى الفلك « المجسطى » من اللاتينية إلى العربية بقصد تعليمه وتسهيل قراءته وفهمه .

اليونانية القديمة . في هذه الفترة كان من بين الذين أثار إهتمامهم حل تلك المسألة إثنان أحدهم القسيس البولندي المسمى **نيقولا كوبرنيك** N.Copernicus والثاني هو **كهلر Kepler** الذي أعلن قوانينه عن حركات الكواكب التي استخدمها **ليون** بعد خمسة وسبعين عاما للوصول إلى نظريته في الجاذبية .

« **نيقولا كوبرنيك** » Nicoulous Copernicus (١٤٧٣ - ١٥٤٣) :

ولد « **نيقولا كوبرنيك** » في ١٠ فبراير عام ١٤٧٣ ، ببلدة تورن Torun ببولندا Poland وقد أشرف عمه على تربيته في صباه ، وكان من رجال الدين - فأراد أن يكون ابن أخيه أيضا ممن نذرُوا حياتهم لللاهوت . التحق **نيقولا** بجامعة كراكوف Cracow ببولندا - حيث تعلم اللاهوت والرياضة والفلك ثم انتقل بعد ذلك إلى إيطاليا حيث مكث زهاء عشر سنوات يدرس القانون في بولونيا Bologna والطب في بادوا Padua . بدأ حياته مع رجال الدين راهباً لكنه شارك بعض الوقت في الوظائف السياسية . وكانت حكومة بولندا تلجأ إليه من حين لآخر في حل مشكلاتها الاقتصادية والسياسية .

كان واسع الاطلاع في الثقافة الأغريقية القديمة ولغتها - قرأ إقتراح الفيشاغورين بأن الأرض متحركة وأنها تتحرك حول نار مركزية Central fire^(١). كانت نظرية « **بطليموس** » هي النسق الفلكي السائد ولم ترقه صورة أتباع بطليموس عن الكون وأجرامه - حيث جعلوا فيها الأرض مركزاً وسائر الأجرام حولها تدور . ولم ترقه لتعقدها وهو يرى أن الطبيعة من شأنها البساطة والنظام . من المحتمل أنه أثناء إقامة كوبرنيك في إيطاليا ، كان يفكر جدياً في جعل دوران الأرض يفسر حركات الشمس والنجوم ، إذا ما قورنت بنظام بطليموس المعقد ، وعندما عاد إلى بولندا - استمر على السير في هذا الخط من التفكير وسرعان ما اقتنع تماماً بصحته وأعدّه للنشر ، فقد زعم أن الشمس هي التي في مركز الكون وليست الأرض .

وأن الكواكب ومن بينها الأرض تدور حول الشمس^(٢) وكان نفوذ الكنيسة قويا جداً

(١) Hull, L. W.H., **Hlstory and philosophy of science**. 1st ed. 1959. London. p.96.

(٢) حقيقة الاعتقاد عند كوبرنيك بأن الأرض تدور حول الشمس لم يكن هنذاً ، هذه الحقيقة قد قدمت الكثير لتجعل جاليليو يحرك كل عبقرته وراء كوبرنيك .

راجع Heisenberg, W., “**Philoso Phical Problems For nuclear physics**” Newyork 1958 p.11

وكانت عقيدتها تقضى أن تكون الأرض موطن البشر ومركز الكون وأن تكون ساكنة ، حاول كوبرنيق طبع آرائه في كتاب ونشره ، لكنه خشى المصادرة وخاف من العقاب وكيف لا يخاف ، فقد كان أسقفا متدينا ورعاً - وعالما يعرف معنى الحرية فرفع مخطوط بحثه إلى البابا^(١). وكان العلماء آنذاك قد احتاروا كثيرا في تفسير حركة الكواكب - ولما كان أساس افتراضاتهم أن الأرض ثابتة في الفضاء مركز الكون فإن هذه الافتراضات لم تفسر على وجه الدقة حركة الكواكب . وظلت هذه المسألة بغير حل مقبول إلى أن ظهر كوبرنيق لتفسير حركة الكواكب على أساس أنها والأرض تدور حول الشمس . ووجد أن هذا الفرض يفسر حركتها تفسيراً أكثر مطابقة للأرصاء من الفروض السابقة التي وضعت على أساس ثبوت الأرض ومركزيتها للكون . كما كتب كوبرنيق فرضاً لتفسير تعاقب الليل والنهار وتعاقب الفصول الأربعة ووصف حركات الكواكب والشمس بالنسبة إلى الأرض - كتب فرضه في كتاب عنوانه « في حركات الأجرام السماوية » أو « دوران الأجرام السماوية »^(٢) Revolutionibus Oribium Coelestium نشره في عام ١٥٣٠ وظل هذا الكتاب محرماً لا يقرأه كاثوليكي زماناً طويلاً ، وقد وصف في كتابه الرائع نتائج أعماله بالتفصيل وبدأ بفرض أن الشمس هي مركز الكون بدلا من الأرض - وأن الأرض وهي أبعد ماتكون عن السكون الذي تصوره أغلب الناس ، إنما تدور حول الشمس مرة كل عام وبالإضافة إلى ذلك يقول : كوبرنيق :

« تدور الأرض حول نفسها بحيث يواجه كل مكان على سطحها الشمس ويبعد عنها على التوالي - ويرجع السر في تعاقب الليل والنهار إلى هذه الحركة الدائرية للأرض وليس إلى تحرك الشمس والنجوم » .

وجعل كوبرنيق للكواكب الأخرى التي كانت معروفة آنفذ - مسارات مشابهة حول الشمس وهي عطارد Mercury والزهرة Venus والريخ Mars والمشتري Jupiter وزحل Saturn أما بالنسبة للقمر Moon فقد أضطر أن يجعل له حركة خاصة - جعل له مساراً خاصاً حول الأرض، وعلى الرغم من هذا الخروج على تناسق النظام فقد منح الأرض قدراً من الأهمية . مما قلل من الحدة في عدم تقبل وجهة نظره في تلك الآونة .

كما لاحظ كوبرنيق أن الكواكب الأقرب من الشمس تتحرك بسرعة أكبر من

(١) ج. برونوفسكى ارتقاء الانسان ترجمة د. موفق شخاشيرو مراجعة زهير الكرمي « عالم المعرفة »

ص ٣٩

(٢) د. محمود فهمي زيدان : الاستطراد والمنهج العلمي ص ١٥٣

الكواكب الأبعد عن الشمس كما لاحظ أيضا أن الأرض تدور مرة كل يوم حول محورها^(١) بالإضافة إلى دورتها كل عام حول الشمس . لقد بنى كوبرنيك ملاحظاته تلك على أسس هندسية بحتة - كانت تعوذه الآلات الفلكية الدقيقة . وقد عزا عدم نجاحه في رصده إلى بدائية أجهزة الرصد الفلكي وهي وجهة نظر ثبتت صحتها منذ ذلك الحين .

وعلى الرغم من أن الزمن قد أبان أن جانباً من نظرية كوبرنيك لم يكن صائباً فقد أعطاً في متابعة بطليموس في جعل الكواكب تدور في الدوائر المتقاطعة في حركتها Epicycles ونظريته عن الشمس ناقصة - فالشمس مثلاً ليست في مركز الكون مجرد نجم عادي من بين ملايين النجوم الأخرى ، تتحرك حول مجموعات نجمية أخرى ، وهذه تتحرك حول مجموعات نجمية أخرى ، ولم يكن عدد الكواكب المؤلفة للمجموعة الشمسية سبعة كما ظن كوبرنيك^(٢) . إلا أنه ما من شك أنه أضاف حقائق لعلم الفلك تفوق ما أضافه أى رجل آخر - ولقد كانت أعماله ملهمة لمن جاءوا بعده من الفلكيين من أمثال كبلر وجاليليو - إنه كان دون شك الأساس القويم الذى شيدت عليه كافة المعارف الفلكية منذ القرن الخامس عشر ، ويعتبر من الأوائل الذين وضعوا للعالم الطبيعي الحديث قواعده الأولى من دقة في البحث عن الحقيقة في حيده ونجده وحماس .

كبلر Kepler (١٥٦١ - ١٦٣٠) :

صحح كبلر خطأ كوبرنيك فيما يتعلق بالمدارات الدائرية للكواكب . كان كبلر متفقاً مع كوبرنيك في أن الأرض والكواكب الأخرى تدور حول الشمس ، وكان مقتنعاً بأن تلك الكواكب تتحرك طبقاً لقوانين هندسية بسيطة ، يمكن التعبير عنها تعبيراً رياضياً دقيقاً ، بدأ ملاحظاته على كوكب المريخ ووجد في تلك الملاحظة قيمة كبرى لأنه أقرب إلينا من عطارد والزهرة ولأنه يرى من الأرض لفترة طويلة في الليل ، ولأنه يمكننا تتبع مداره حيث يدور بسرعة . في سنة ١٦٠٩ وصل كبلر في دراساته للمريخ إلى ثلاثة قوانين تصف مدار المريخ وبعد عشر سنين من مزيد البحث ، طبق هذه القوانين على مدارات الكواكب الأخرى ، هذه القوانين الثلاثة هي :

Burr: The Metaphysical foundation of modern science. London 1950 (١)

(٢) رتب كوبرنيك الكواكب المعروفة في عهده وقتل وهي ستة بحسب قربها من الشمس كما يلي : عطارد والزهرة والأرض والمريخ والمشتري وزحل ، ولاحظ أن الكوكب الأقرب من الشمس تتحرك بسرعة أكبر من الكوكب الأبعد عن الشمس راجع : د. محمود فهمى زيدان **الاستقراء والنهج العلمي** ص ١٥٥ .

- ١ - مدار الكواكب مدار بياضوى الشمس مركز هذا المدار .
 - ٢ - الخط الواصل بين الكواكب والشمس يكون في الفراغ مساحات هندسية متساوية في أزمان متساوية .
 - ٣ - مربع الزمن الذى يقطعه الكوكب لاتمام مداره حول الشمس متناسب تناسباً طردياً مع مكعب المسافة بينه وبينها .
- بتلك القوانين أمكن لكبلر أن يطيح بالمدار الدائرى للكواكب والنجوم وأن يستغنى عن الدوائر المتقاطعة ، لذلك يعتبر كبلر أكثر علماء الفلك قيمة حتى القرن السابع عشر ، حيث لم يسبقه أحد في إكتشافه في أن الكوكب لا يدور في شكل دائرة وإنما في شكل بياضوى .

وكان كبلر قد تتلمذ على يد تيكوبراهى Tycho-Brahe (١٥٤٦ - ١٦٠١) الفلكى الدانمركى الذى لبث عشرين عاماً في مرصد خاص أنشأه فردريك الثانى . لاجراء البحث وجمع الملاحظات إلا أنه مات ، وأخذ كبلر يستغل هذه الملاحظات في وضع قانونه الذى سبق ذكره . يجدر القول بأن كل الفروض السابق ذكرها لبطليموس وكوبرنيق ، ومثل قوانين كبلر ماهى إلا فروض وصفية علمية مثمرة فهى^(١) ليست مجرد وصف لما وقع أمامهم ومن حولهم من ظواهر وإنما لأن هذه الفروض كانت تصف نوعاً معيناً من ظواهر العالم الطبيعى وصفاً يؤدي إلى فهمها وتفسيرها بدقة ، فهى ليست بالفروض الأسطورية أو الميتافيزيقية أو الدينية كما أنها لم تتضمن تحقيقاً تجريبياً يقوم على الملاحظة والتجربة وإنما يقوم تحقيقها على مدى اتساق التفسير الرياضى وإحكام الانتقال من المقدمات إلى النتائج .

من المؤكد كانت فروض بطليموس وتيكوبراهى وكوبرنيق تقديم وتمهيد لفروض كبلر وقوانينه . ومن هنا فهى مثمرة لأن قوانين كبلر تضمنت تصحيح وتطوير أخطاء فروض بطليموس وتيكوبراهى وكوبرنيق . ولعل من أشهر الأمثلة على العمل التكميلى في الفيزياء الفلكية هو الإنجاز المشترك لتيكوبراهى وكبلر ، فلقد كانت الثروة من الملاحظات التى قام بها تيكوبراهى عن حركة الكواكب والتى لم يكن كبلر ليستطيع أن يجمعها بهذه الدقة - كانت هى المادة الضرورية لعمل هذا الأخير - غير أننا سنجد من ناحية أخرى أن إكتشافات كبلر قد حددت اتجاه التطور في علم الفلك خلال القرون التالية^(٢).

(١) نفس المرجع السابق ص ١٥٠ وما بعدها

(٢) Heisenberg, W., *Philosophical problems For nuclear physics*. 1958 (٢) p.18

جاليليو Galileo (١٥٦٤ - ١٦٤٢) :

نحن بصدد عبقرى فى العلوم الطبيعية ، يختلف عما سبق من العلماء والفلاسفة القدامى فى موضوعاتهم ومناهجهم . اسمه الكامل جاليليو جاليلاي ، ولد فى ١٥ فبراير ١٥٦٤ - على الرغم من أن والده كان يكابد من الأزمات المالية فى حياته لعدم استقرار موارد رزقه ، إلا أنه كان حريصاً على أن يتقن ابنه جاليليو ، وذلك لأنه هو نفسه كان يحب العلم ويعرف جدواه فى تربية شخصية الإنسان وإثرائها . ولقد بذل والد جاليليو كل ما فى وسعه ، لكى ينجب ابنه فى تلقى العلم منذ طفولته المبكرة .

كان جاليليو لامع الذكاء منذ صغره ، ولذلك شب ونمت عقليته بأن الكون ملىء بالحقائق والأسرار ، التى مازال الانسان يجهل كنهها ، وأن على الانسان أن يسعى إلى الكشف عن هذه الأسرار .

تلقى جاليليو دراسته الابتدائية فى مدرسة فالومبروزا Vallombrosa بالقرب من فلورنسا حتى أنهى دراسته الثانوية بتفوق ، ثم التحق بكلية الطب فى جامعة بيزا Pisa لمدة أربع سنوات ، فى جد واجتهاد من سنة ١٥٨١ إلى سنة ١٥٨٥ - إلا أنه لم يكمل دراسته الطبية بسبب مرض أبيه الفقير المعدم ولعدم إمكانه دفع النفقات الدراسية الباهظة فى ذلك الوقت ، مما اضطره إلى إحتراف بعض الأعمال اليدوية ليربح القليل من المال ، الذى يذخر بعضه لكى يشتري بعض الكتب المستعملة فى العلوم الرياضية والطبيعية - واصل جاليليو دراسته العميقة فى العلوم الرياضية والطبيعية ، فقرأ كل ما كان متوفراً منها وتحدث من مصنفات . ومن الأمور التى تدعو إلى الإعجاب أن جامعة بيزا للعلوم أعلنت عن حاجتها إلى أستاذ يشغل منصب تدريس العلوم الرياضية والطبيعات ، فتقدم جاليليو لشغل هذا المنصب كما تقدم غيره من الأساتذة وأجرت لهم الجامعة إختياراً فإذا به يفوز على منافسيه . فعين أستاذاً للعلوم الطبيعية والرياضية وكان ذلك فى سنة ١٥٨٩ م أى حينما كان فى الخامسة والعشرين من عمره وهذا يدل على بوادر عبقريته المبكرة^(١).

كان هذا المنصب بداية طريق الطموح للدراسات والبحوث العلمية التى كانت تشغل تفكيره . ولكن حرية البحث العلمى لم تكن مكفولة فى عهد جاليليو أو خلال القرون التى سبقت ظهوره ، وكان أخطر ما يحد من حرية البحث العلمى أو الفلسفى تزمّت وتصلب آراء رجال الدين ، والتاريخ زاخر بالمآسى التى ذهب ضحيتها كثير من الفلاسفة والعلماء نتيجة إضطهادهم من رجال الدين . كان شغفه بالرياضيات وهو فى السابعة

Sarah. K., Bolton, "Famous men of science". Newyork copyright By (١)
Thomas & Crowell Co., 1960 p.24

عشر ، فاخترع الحساب الهندسى Geometrical calculus كى يستطيع رد الأشكال المركبة إلى أشكال أكثر بساطة ، وكتب فى الكم المتصل ، وكان يعتبر الرياضيات هى أداة الكشف فى العلوم التجريبية ، وكان يعتقد أنه لا يمكننا فهم الكتاب العظيم أى ، الكون The universe إلا إذا تعلمنا اللغة التى كتب بها هذا الكتاب ، وإلا إذا تفهمنا الرموز الواردة فيه ، ذلك الكتاب مكتوب باللغة الرياضية ورموزه هى المثلثات والدوائر والأشكال الهندسية الأخرى . يقول جاليليو من المستحيل أن نفهم أسرار الكون دون فهم تلك اللغة وحل رموزها . فالكون مؤلف تأليفا رياضيا ويتوقف فهمنا له على فهمنا لتركيبه الرياضى أكثر من فهمنا لما يقع أمام حواسنا من وقائع وظواهر .

أجرى جاليليو الكثير من التجارب العلمية وأدرك أن القواعد الرياضية الدقيقة هى الأساس فى معالجة وفهم مشكلات العلوم الطبيعية The Physical Problems ، من أجل الوصول إلى حقائق يقينية انتقل جاليليو إلى جامعه بادوا Padua بدعوة من عميدها ليلقى المحاضرات ويجرى التجارب فى المعامل ويزداد إطلاعا على مافى مكتبته من كتب فى العلوم الطبيعية والرياضيات والتى لم يطلع عليها من قبل . وقد عثر فى مكتبته على مؤلفات فى علم الفلك ، فانكب على دراستها ، دراسة عميقة ووجد نفسه مدفوعا إلى محاولة معرفة المزيد عن أسرار هذا الكون اللانهائى ، ولم يكن إهتمام جاليليو بدراسة علم الفلك إلا تمشيا مع ما استهوى الكثير من الفلاسفة والعلماء فى هذا الفرع .

وقد كان من الأمور الطبيعية أن يجذب الفضاء الكونى إهتمام الفلاسفة وكافة العلماء ، الذين يحاولون الكشف عما فى هذا الكون من أسرار ، ولذا يعد جاليليو من رواد العلم الحديث ، عاش فى عصر إحياء العلوم ، ثار على الفلسفة الطبيعية القديمة وكان أول من أسس علم الطبيعة على أساس التجريب ، ولعب دورا فى إنعاش علوم عصره بوصف التجارب الممكنة ، واستخدام الطريقة العلمية التى نستخدمها فى العصر الحديث^(١)، والتى تعتمد على مشاهدة الظواهر وتفسيرها بالوصف . إستترعته حركة الأجسام وأهم بوصفها وأهمل جاليليو سبب حدوث هذا النوع من الحركة أو ذاك ، وكل ما يعنيه هو التساؤل عن كيفية حدوث الحركة فالمشكلة ليست فى تفسير الحركة بل فى وصفها . أو تفسيرها بطريقة تجريبية وبلغة رياضية تتضمن العدد والمقدار^(٢).

(١) Stillman Drake; *Discoveries and opinions of Galileo*. London p.(12-40)

(٢) Dampier Sir william; *A History of science*, NewYork, 1964. p.141

كان يبدأ بالملاحظة ثم يستنتج منها التعميم أو البديهيات ، بدلا من طريقة القدامى الذين كانوا يبدأون من عموميات مفترضة . وكان يعتبر الملاحظة العملية ، الأساس لكسب المعرفة الحقيقية وقال : لا قيام لتعميم الا بتكرار الفحص للملاحظات أو للأحداث ، وأعادة فحص النتائج بتجارب أخرى من أنواع جديدة - وأن التعميم لن يكتمل إلا إذا صح في كل الظروف ودعمته ملايين المشاهد دون إستثناء ، فلو حدث تناقض واحد بين هذه الملايين فإن ذلك يستدعى تعديل الاستنتاج ، فالشك يصاحب كل نظرية بقدر معين ولو بنسبة ضئيلة ، ولا يقين تام مهما بلغت أعداد التجارب من الكثرة ، وقد أصبح مبدأ النقد والأرتياب Un-certainty حجر الزاوية في فلسفة العلوم الطبيعية آنذاك والتي لا تدعى الصدق الكامل ولا الشك التام ، إذ لا توجد ثمة طريقة تجري الملاحظات فيها بأعداد كافية لبلوغ الصدق المؤكد حتى يصبح في منتهاه .

أدخل جاليليو مفهوم العجلة في جميع الحركات الديناميكية وبحث في الحركة النسبية وقوانين سقوط الأجسام Laws of falling bodies ، وحركة الجسم على المسار المائل والحركة عند رمى شيء بزاوية مع المستوى الأفقى ، واستخدم البندول في قياس الزمن ، كان الأول في تاريخ البشرية الذى وجه المقرّب Telescope إلى السماء وكشف عن مجموعة من النجوم الجديدة ، أثبت أن المجرة تتكون من عدد عظيم من النجوم ، واكتشف الكواكب الدائرة حول المشتري والبقع الشمسية ودوران الشمس . كما بحث في تركيب القمر . أيد جاليليو نظرية كوبرنيك والتي كانت آنذاك محرمة من قبل الكنيسة والتي تقول أن الشمس هي مركز الكون .

يذكر جاليليو أرشميدس من العلماء فيما كتب ويضعه في صف رواد العلم^(١) التجريبي وهو أول عالم تجريبي في العصر الحديث جعل الملاحظة والتجربة من بين القواعد الأساسية للمنهج العلمى ، ولا يستطيع أحد أن يقول أنه أخذ عن يبيكون أو تأثر به ، والإشارة المنهجية التي تمجدها في كتب جاليليو تتضمن معارضة لبيكون في أمرين أساسيين على الأقل^(٢) هما إعطاء تكوين القروض واستخدام الإستدلال الرياضى ، قيمة للمنهج العلمى ،

(١) أرشميدس Archimedes هو عالم الفيزياء والهندسة اليونانى الشهير- ولد بمدينة سيراكيوز بجزيرة صقلية في نحو عام ٢٨٧ ق.م ثم تفرغ لدراسة العلم والرياضة وهو الوحيد بين القدماء الذى خلف لنا شيئا في الميكانيكا والهيدروماتيكا (علم موازنة السوائل) ومن هذه الأخيرة نظرية أرشميدس المعروفة بنظرية الأوالى المستطرفة .

Conant, J.B., A Historical approach of understanding of sciene. by yale Univ. press. 1951 p.52

(٢) د. محمود فهمى زيدان الاستقراء والمنهج العلمى ص ٥٩ - ٦٠

أكبر من الملاحظة والتجربة ، بينما لم يشر ببيكون فيما كتب عن الاستعانة بالرياضة في البحث العلمي ، كما جعل جاليليو الفروض شرطا في المنهج العلمي بينما رفض ببيكون صراحة مرحلة تكوين الفروض . وجاليليو أول من أدخل خطوة التصورات الرياضية في علم الميكانيكا قبل ديكارت .

يؤكد جاليليو أن المنهج الرياضى في تفسير العالم الطبيعى كثيرا ما يتنافر مع الخبرة الحسية المباشرة ويستشهد على ذلك بنظرية كوبرنيك في علم الفلك التى تعد نصرا للرياضة على الحواس ، أوضح جاليليو أن المنهج الرياضى أكثر قوة وصدقا وإحكاما مما نجده في الإستدلال مما لدينا من وقائع . ويقول أنه يستطيع من تجارب إستنباط نتائج صحيحة حيث فطن إلى تطبيق المنهج الرياضى في علم الفلك وسائر العلوم الطبيعية^(١).

جاليليو ونشوء علم الديناميكا :

نظريات جاليليو العلمية مشهورة - فهو أول من وضع قانون سقوط الأجسام في صورة رياضية محددة وأول من فتح الباب لعلم الديناميكا . Dynamic (علم حركة الأجسام المادية) وجعل الميكانيكا علما رياضيا وكان مهتما بتصور الحركة Conception of motion وشغلته أفكار القوة Force والمقاومة Resistance والسرعة Velocity والعجلة Acceleration^(٢)، وقد أعطاه تعريفات شبيهة بتعريفات الخط والمنحنى والزاوية .

ان فهم حركة الأجسام المادية ، يعتبر بحق الثمرة الأولى لاستخدام علم الفيزياء ، فعلم الحركة أو الديناميكا وهو جزء من علم الفيزياء ، قد أمدنا بطريقة ، وزودنا بمعلومات ، مكنتنا ولا تزال تمكنتنا من زيادة فهمنا للطبيعة أو الكون ، لذا يرتبط اسم « جاليليو » بصفة خاصة بالأبحاث الأولى في هذا الموضوع لأنه كان أول من نفذ ببصره إلى أهمية المشاهدات في حركة الأجسام وإلى كنه القوانين التى تربط بينها^(٣) .

ولقد نشأ أول فهم حقيقى لحركة الأجسام في القرن السادس عشر بفضل جاليليو ، الذى خرج على الأفكار السائدة في عصره ، وكرس حياته لابتكار التجارب وتعليقها ، فتوصل إلى فهم حقيقى لطبيعة الحركة واستوعب الدور الرئيسى الذى تلعبه العجلة في جميع الحركات الديناميكية ، ولذا فهو الذى وضع علم الديناميكا في مجراه الحديث على هيئة تعميم شامل من التجربة .

(١) د. توفيق الطويل ^٢أسس الفلسفة ص ٢٢٦

(٢) العجلة : هى معدل السرعة بالنسبة للزمن ، أو هى معدل تغير السرعة بالنسبة لوحدة الزمن .

(٣) Mott, Smith, This Mathematical world. Appleton & Co., 1931 p.243

معظم البحوث الأولى في علم الديناميكا ، كانت تتعلق بحركة الأجسام الساقطة ، إذ أن حركة هذه الأجسام هي أبسط الحركات الممكن مشاهدتها بسهولة ، وفي عصر « جاليليو » كانت البحوث متأثرة بآراء أرسطو الذى كان يعتقد أن لكل جسم وضعه الطبيعى ، فالأجسام الثقيلة مكانها تحت والأجسام الخفيفة مكانها فوق ، ولذا كان من الطبيعى أن تسقط الأجسام الثقيلة لتبحث عن المكان الخاص بها، وزيادة على ذلك ، فقد كان مما يتفق مع هذه الاتجاهات الطبيعية أن تسقط الأجسام الثقيلة بسرعة أكبر من التى تسقط بها الأجسام الخفيفة .. هذه هي رغبة الطبيعة الأرسطية . أما الآراء الخاصة بالحركات الأكثر تعقيدا ، فقد بعدت عن اتجاه التفكير العلمى الحديث ، فالقذائف مثلا كان يظن أنها تعنى حركات خارجة عن المؤلف بمساعدة الهواء ، وهكذا لم تكن هناك محاولات لاعطاء وصف كمى أو لترجمة ما هو حادث فعلا . إلا أن تجارب « جاليليو » الكثيرة بلغة الرياضة هي التى نظرت هذه الآراء ، فان تجربته على سقوط الأجسام من برج « بيزا » المائل قد فندت رأى القائل بأن الأجسام الثقيلة تسقط بسرعة أكبر من الأجسام الخفيفة ، وتجاربه عن حركة الأجسام على المستوى المائل ، والتى بذل فى إجرائها أكبر عناية ، قد بينت الظروف الحقيقية التى تؤثر فى سرعة الأجسام الساقطة وتحدددها ، والنقطة الهامة التى توصل إليها ، أن سرعات الأجسام الساقطة تزيد بمرور الزمن وبطول المسافة المقطوعة ، فعلى أى هيئة يحدث هذا ؟ وماهى العلاقة بين المسافة والزمن ؟ وتحليل تجاربه ، توصل « جاليليو » إلى أن الصفة الرئيسية المشتركة فى جميع حركات السقوط هي « العجلة » Acceleration ، فلا بد أن هناك خاصية من خصائص الطبيعة تجعل الأجسام الساقطة تتحرك بعجلة ثابتة ، وهذه العجلة غير خاضعة لحجم الجسم أو شكله أو كتلته ، هذه العجلة العمومية هي التى تحدد وحدها صفة الحركة ، أما السرعات والمسافات فهى نتائج ثانوية لها تنشأ عندما تتقدم الحركة بمرور الزمن ، إن التحقق من أن العجلة هي اللب فى حركة السقوط قد مكنتها من أن تصبح قلب الديناميكا . كما أن محاولات « جاليليو » قد أعطت للباحثين نقطة البداية الثابتة التى أنطلقوا منها لاستكمال البحث .

كان جاليليو يتصور أن المادة مؤلفة من ذرات لاتنقسم ، وفسر التغيرات التى تحدث فى الأجسام الصلبة وتحولها إلى سوائل وغازات ، كما فسر الإمتداد والتقلص دون إفتراض وجود خلاء فى الأجسام الصلبة . كما يعتبر جاليليو أول من صاغ تصنيف الصفات للأجسام إلى صفات أولية Primary Qualities وصفات ثانوية Secondary qualities الأولى تتصف بالموضوعية والثبات بينما الثانية نسبية وذاتية محسوسة - والأولى موضوع للمعرفة الإلهية والانسانية والثانية موضوع الظن والحداع ، ومن الصفات الأولية عند

جاليليو العدد والشكل والمقدار والموضوع والحركة ويمكن التعبير عن هذه الصفات باللغة الرياضية الكمية .

ومن الصفات الثانوية عند جاليليو اللون والطعم والرائحة والتي يصعب قياسها باللغة الرياضية الكمية^(١) آنذاك ، رأى جاليليو كوكب الزهرة في شكل الهلال عام ١٦٠٨ وذلك بفضل إختراعه للمقرب (التلسكوب) الأكثر تطورا من تلسكوب هانز ليرشي Hans lippershey ووجد التجربة الحاسمة Experimentum crucis التي قررت أن فرض كوبرنيك هو الفرض الصادق المتفق والواقائع عن فرض بطليموس - ويعتبر ذلك الكشف هو أول تأييد تجريبي على صحة فرض كوبرنيك .

إن أهمية جاليليو في تاريخ الفلسفة ترجع إلى نقطتين ، إحداهما المنهج العلمى والأخرى إقامة أسس علم الميكانيكا . وأهميته في العلوم الطبيعية ترجع إلى استخدامه المنهج الرياضى وتطبيق الرياضيات في دراساته للعلوم الطبيعية التجريبية .

كان المنهج العلمى عنده هو الاستقراء الناقص مؤيدا بالقياس والاستنباط الرياضى ، والاستقراء ممكن حتى ولو لم نستطع أن نجد أو نوجد في الطبيعة الفرض الذى نستخلصه ، مثال ذلك :

نفترض أن الأجسام تسقط في الخلاء بنفس السرعة ، ولكننا لانستطيع تحقيق الخلاء المطلق فنستعيز عنه بالنظر ، إلى ما يحدث في أوساط يتفاوت هوائها كثافة ، فإذا رأينا السرعات تتقارب كلما تخلخل الهواء حكمنا بأن الدليل قد قام على صحة الفرض .

كان جاليليو عضوا في أكاديمية دى لنسى Academia dei lincci التي أنشئت عام ١٦٠٠ وكانت توجه جهودها في جد ونشاط إلى دراسات جديدة ، لم تدرس إلا قليلا ، وفي عام ١٦٥٧ قام تلاميذ جاليليو بمدينة فلورنسا بتأسيس أكاديمية شيمنتو Cimento أى التجريب .

وبدل أسمها على هدفها فقد كان قيامها لمغالبة الأسلوب العقلى في البحث السائد في مجالات الفكر في ذلك الزمان فصار هدفها : التجريب أولا ، ثم النظر والفكر من بعد ذلك ، ولم تعش إلا عشر سنوات وفي هذه السنوات العشر صنعت كثيرا في مجال بحوث الهواء وضغطه وبحوث الماء وكان من أمهر أعضائها تورشيلي Torricelli^(٢).

(١) د. محمود فهمى زيدان: الاستقراء والمنهج العلمى . ص ١٤٣

(٢) تورشيلي : (١٦٠٨ - ١٦٤٧ م) هو العالم الرياضى الإيطالى ، تأثر بما كتب جاليليو وعمل كاتباً له في فلورنسا خلال الثلاثة أشهر الأخيرة من حياته ، وحلف جاليليو في أكاديمية فلورنسا عقب موته أستاذا للرياضة ، وهو أول من اكتشف حقائق الضغط الجوى .

علم الطبيعة النيوتوني : اسحق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧)

Issac Newton

ولد اسحق نيوتن يوم ٢٥ ديسمبر ١٦٤٢ في بلدة ولثروب Woolstrophe من مقاطعة لنكشير في إنجلترا ، كفلته أمه عامين ثم تزوجت وتركته في رعاية خاله وجدته . لم يجد مؤرخو العلم بين أقربائه أحدا اشتغل بالعلم ونبيغ فيه ، بل لم يكن تاريخ نسبه يشير بذلك النبوغ العظيم الذي اقترن باسم نيوتن . ولم تكن عائلته غنية وان كانت حالتها ميسرة بدرجة مكنتها من إرساله إلى إحدى المدارس . ثم بعد ذلك إلى إحدى كليات جامعة كامبردج . Cambridge university . وكانت أظهر صفاته في مرحلة الشباب عمق التفكير وكثرة التأمل ، وأحيانا شروذ الذهن والنسيان ، والاتقان في العمل ، ويصفه البعض بأنه كان عاديا إلى حد كبير ، سواء في المقدرة العلمية أو الإدراك ، اللهم ازدهار عبقريته بدرجة جعلته من أكبر العبقرات الرياضية خلال فترة طويلة من التاريخ ، كانت الحياة العلمية في كامبردج جامدة متأخرة حيث انصرف أغلب الأساتذة إلى المباحثات الدينية والتاريخية وإلى تدريس العلوم النقليية ، فكانت لكتب الفلاسفة الإغريق قدسيته . ولم تكن الحال كذلك خارج إنجلترا ، فقد ظهرت حركة علمية جديدة في كل من ايطاليا وفرنسا وهولندا ، نتيجة للكشوف العلمية العظيمة الشأن التي قام بها كل من كبلر وجاليليو وديكارت .

دخل نيوتن كلية ترنتي بجامعة كامبردج عام ١٦٦١ ويظهر أنه عني بادیء الام بدراسة العلوم القديمة ، شأنه في ذلك شأن الكثيرين من إخوانه آنذاك - وبعد عامين درس الفلسفة الطبيعية والبصريات على الأستاذ بارو Barrow ولا بد أن نبوغ نيوتن أخذ في الظهور في ذلك الوقت ، فهناك الكثير من الأدلة على أنه بدأ يشتغل في أعمق المسائل الرياضية في ذلك التاريخ وقد برهن نظريته المعروفة بنظرية ذات الحدين Binomial theory في تلك المدة ، وفي عام ١٦٦٥ عاد نيوتن إلى بلده ولثروب وهناك قضى عامين كان لهما أعظم الأثر في تاريخه العلمي - فقد وضع فيها أساس مكتشفات بحوثه الهامة ألا وهي :

اعتمدت في عرضي لحياة اسحق نيوتن على المراجع :

- (١) د. محمد مرسى أحمد . نيوتن ... دار الشرق للنشر والطبع - مكتبة الجيل الجديد ١٩٤٦
- (٢) ج. برونوفسكى : ارتقاء الانسان ترجمة د. موفق شخاشيرو ، عالم المعرفة مارس ١٩٨١
- (٣) يوسف كرم : التاريخ الفلسفة الحديثة ص ١٤٦

١ - المادة وقوانين الحركة الثلاث .

٢ - قانون الجاذبية العام .

٣ - نظريات تركيب الضوء .

ولو أنه لم يكثر بنشر كشوفه الهامة في حينها بل ظلت هذه الأعمال العلمية الجليلة مطوية عن العالم الخارجي مدة طويلة ، فإنه لم يكن يعتقد أول الأمر بأهمية هذه الكشوف وذهب البعض إلى أن السبب في عدم تعجله بنشر نتائجه العلمية هو انتظاره إلى اكمال هذه النتائج حتى تأتي على صورة ترضيه .

وفي هذا الصدد يقول المؤلف أنريد Anrade^(١) في كتابه الذي أسماه (سير اسحاق نيوتن Sir Issac Newton) كان نيوتن ، رجلاً كتوماً جداً ولم تكن لديه رغبة في الجهر بأعماله واحتاج الأمر إلى الكثير من الإقناع كي يؤلف كتابه المسمى المبادئ ، وهذا نص ماكتبه أنريد :

Newton was a very secretive man, he had no desire to make his work Public, It required great inducement to lead him to write his book, Principia.

عاد نيوتن إلى كامبردج عام ١٦٦٨ وانتخب في العام التالي أستاذاً للرياضيات في المكان الذي خلا باعتزال الأستاذ « بارو » وذلك عقب قراءة الأخير لأول رسالة كتبها نيوتن بعنوان الطرق التحليلية لمعادلات ذات عدد لانهاى من الحدود . ولم يكن منصب نيوتن الجديد ليشغله عن متابعة الأبحاث الرياضية والطبيعية بل أصبح في امكانه الانقطاع إلى البحوث العلمية في وقت كان نبوغه قد اكتمل وعبقريته قد ازدهرت .

ولما كانت خصال نيوتن الشخصية من حبه للعزلة ، وبعده عن المجتمع ، واسترساله في التفكير العميق ، ولما كانت هذه الخصال بدأت تظهر في هذه السن ، كانت مصادر أخباره الشخصية ومعاملاته وصفاته في تلك الفترة من حياته - قليلة نسبياً .

ولعل الخطابات التي كان يرسلها لأصدقائه تعتبر من أهم الوثائق^(٢) التي يمكن التعرف من خلالها على شخصية نيوتن وصفاته - فاهتمامه بكل هذه الأمور المتشعبة يفسر الحقيقة المعروفة عنه وهي عدم تقيدته في البحث العلمي بموضوع واحد .

(١) A. D. Abro, The Evolution of scientific thought from Newton to Einstein Second ed. 1950 p.106

(٢) د. محمد مرسى أحمد نيوتن دار الشرق للنشر والطبع ١٩٤٦ ص ٥١

وضع نيوتن المفاهيم الأساسية لقوانين الميكانيكا واكتشف قانون الجاذبية الأرضية واضعاً بذلك الصورة الطبيعية للكون التي ظلت بدون تغيير إلى بداية القرن العشرين . وأتم نظرية حركة الأجرام السماوية . وأوضح أهم خواص حركة القمر ، مع شرح ظاهري المد والجزر وأعطى تفسيراً لظاهرة الانعكاسات والانكسارات في الضوء كما فسر تركيب الضوء بأمراره في منشوره وإلى نيوتن ترجع الاكتشافات العظيمة التي أدت إلى التقدم الهائل لهذا الفرع من العلوم الطبيعية . وأوجد نيوتن الطريقة الرياضية التي تساعد في بحوث الطبيعة ويرجع الفضل إليه في إيجاد علم حساب التفاضل والتكامل والذي كان له الأثر الكبير في تقدم الفيزياء والرياضيات بعد ذلك - إذ أدخل عليها طرق البحث الرياضية والاحصائية وحساب المتغيرات وهو ذلك العملاق الذي رجع إليه إلى الماضي وصاغ ماتوصل إليه سابقوه من خبرة مع إضافات ارتآها صاغها في قوانين تنسب إليه . عرفت بقوانين نيوتن للحركة . أمكنه هذه القوانين أن يعلل حركة الكواكب كما وصفها « كبلر » وصفاً دقيقاً . ثم أثبت نيوتن أن وصف كبلر يخرج من صلب الفرض القائل أن لكل كوكب في كل لحظة قوة متبادلة بينه وبين الشمس تقل مع بعد الكوكب عن الشمس مضروباً في نفسه . أخذ نيوتن يطبق هذا الفرض على حركة الأرض والقمر والكواكب الأخرى حتى ارتفع الفرض إلى قانون عرف بقانون التربيع العكسي Inverse square Law!

يدرس طالب العلم هذا القانون ويتكرر معه بصورته المناسبة في الكهرباء والمغناطيسية والضوء والصوت وخواص المادة وقد ظهر هذا القانون أول ما ظهر في علم الميكانيكا مع الجاذبية الأرضية ومع حركة الكواكب حيث لا تصادم ولا تقارب ولا ابتعاد .

إن فطرة طالب العلم المتأمل في علمه وفي قانون يتكرر في أكثر من فروع علمه ، تؤدي به إلى إلهام صحيح - هو أن منطق العلم منطق للوحدة ولكن العالم الباحث المدقق يحتاج إلى نظرة شمولية عميقة ليحس أن هذه البشائر هي مؤشرات حقيقية .

كان نيوتن يصبر على أن الملاحظة الحسية والتجربة المباشرة هي المعيار الأول والأخير لصدق الفرض العلمي - وأعلن أن ما وصل إليه من كشوف وقوانين ونظريات إنما هو نتيجة لاستقراء مباشر من الظواهر ، ولذا كان يميز بين النتائج العلمية التي تقوم على الملاحظة المباشرة وبين الفروض الميتافيزيقية التي لم يجد مبرراً لاقحامها في مجال عمله كعلم فلكى وطبيعى . ويحكم عليه د. زيدان من أعماله لا من أقواله بأنه من رواد المنهج الفرضي ، المنهج العلمي المعاصر وأن ما وصل إليه نيوتن في الميكانيكا والجاذبية يرجع لاتباعه المنهج الفرضي ولذلك فهو صاحب الفضل الأول في وضع المبادئ الأساسية للعلم

الطبيعي كما نفهمه الآن^(١). وقد استخدم لفظ الفلسفة الطبيعية^(٢) والعلوم الفلسفية بمعنى العلم الطبيعي والعلوم الطبيعية .

وقد جعل عنوان كتابه المعروف « المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية » على أنه لم يقصد قط إلى وضع كتاب في الفلسفة الطبيعية . ويقول ميرز Mizrs^(٣) إن العلماء كانوا في القرن السابع عشر والثامن عشر يطلقون الفلسفة الطبيعية والعلوم الفلسفية على مانسميه اليوم بالعلوم الطبيعية .

المادة وقوانين الحركة عند نيوتن : Newton Laws of motion

كان نيوتن يرى المادة كما يراها الناس في غمار الحياة العادية الدائمة شيئا جامدا يصدم الحواس ويخضع لقوانين الطبيعة في الحركة وغيرها خضوعا غير مشروط ، بل لعل فكرة نيوتن عن المادة هي التي شكلت فكرة الناس عنها في الحياة اليومية حتى وقتنا هذا ، يشار إلى نظرية نيوتن العامة في الميكانيكا بثلاث قضايا أساسية تعرف بقوانين الحركة وهي تدور حول تحديد تصور « القوة » Force ويتحدد هذا التصور في إطار تصور الحركة إذ القوة عند نيوتن علة الحركة ، وتفهم الحركة بتصورات تسبقها هي تصورات المكان والزمان والكتلة - الخصائص الثلاث الأساسية للمادة ، يتلخص تصور نيوتن للمادة هذا في قوانينه الثلاثة المشهورة والتي تعد بحق فاتحة العصر الحديث للعلوم الفيزيائية والتي استمرت قائمة إلى أن جاءت النظريات النسبية والكوانتم في مطلع القرن الأخير .

يعرف نيوتن الكتلة بأنها حاصل ضرب الحجم في الكثافة (ح × ث = ك) ويمكن الإشارة إلى تعريف الكتلة عند نيوتن كما عبر عنه « كلارك ماكسويل »^(٤) : للأجسام كتل متساوية إذا تعرضت في وقت ماتحت ظروف متشابهة تؤدي إلى تغير في السرعة^(٥)

(١) د. توفيق الطويل . أسس الفلسفة ... ص ٢٤٤ .

(٢) ملحوظة : لفظة مصر هي علم الطبيعة ، وسائر العرب يقولون الفيزياء ولاشك أن لفظة الفيزياء أوضح وأبعد عن الالتباس .

(٣) Mers, History of the European thought in the nineteenth century. vol I (٣) p.98

(٤) جيمس كلارك ماكسويل : (١٨٣١ - ١٨٧٩) العالم الفيزيائي ، تعلم في بلدة أدنبرة ثم في كمبردج وصار أستاذا للفلسفة الطبيعية في جامعة أبردين من عام (٥٦ - ١٨٦٠) ثم استأذا كلية الملك Kings college بلندن إلى ١٨٦٥ ثم أستاذا للفيزياء التجريبية في كمبردج . وكان ماكسويل أكبر فيزيائي حتى نهاية النصف الثاني من القرن التاسع عشر - وقد أحدث ماكسويل الكثير من النظريات الأنقلابية في الكهرباء وإليه يرجع الفضل في الكثير من قوانين علم الكهرباء المغناطيسية .

(٥) كلمة سرعة تقابلها في الإنجليزية كلمة Velocity ويعرفها نيوتن أنها تغير الوضع في الوحدة

وتشابه في الكتل المتساوية إذا زادت .

أول قوانين الحركة عند نيوتن هو القصور الذاتي : Inertia

والذي يقرر أن كل جسم يظل على حالته سكونا وحركة ، ما لم يطرأ عليه ما يغير حالته . في منطوق آخر ، يميل الجسم إلى الاحتفاظ بحالته من السكون أو الحركة ما لم يؤثر عليه مؤثر خارجي. ويطلق لفظ القصور الذاتي على خاصية المادة التي تؤدي إلى مقاومة التغير في حركتها .

ومؤدى هذا القانون أن يظل المتحرك متحركاً وأن يظل الساكن ساكناً إلا إذا أثرت فيه « قوة » خارجية ، والعامل الخارجى الذى يحرك جسمنا ساكناً يفقد من حركته هو نفسه بمقدار ما أعطى من الحركة للجسم الذى حركه . ومن هنا ينتج أن الحركة التي يستحدثها الجسم المتحرك في الجسم الساكن لا يمكن أن تزيد على ما عند الجسم المتحرك من الأصل وفائد الشيء لا يعطيه .

والقانون الثانى : هو قانون تناسب القوة والسرعة Proportion of force & Velocity

ونصه :

« تتناسب القوة الواقعة على جسم ما تناسباً طردياً مع تغير كمية الحركة التي يحدثها ذلك الجسم في زمن ما ، واتجاه هذه القوة هو الاتجاه الذى يتخذه هذا التغير في كمية الحركة . » (في منطوق آخر « القوة التي تؤثر في جسم ما تساوى كتلة الجسم في سرعته » ويتضمن هذا القانون تحديداً كمياً ممكن القياس لتصوير القوة ، فالقوة الواقعة (المؤثرة) على جسم ما في زمن ما تؤدي إلى تغير محدد في كمية الحركة ، يكون هذا التغير في كمية الحركة بطيء السرعة في الكتلة الكبيرة ، وكبير السرعة في الكتلة الصغيرة

والقانون الثالث : والمعروف بقانون تساوى الفعل ورد الفعل المضاد :

Equality of action & Reaction

« لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد في الاتجاه » ومعناه أن التأثير المتبادل

التي نتخذها لقياس الزمن Change of position per unit of time وكلمة تغير السرعة

تقابل كلمة Acceleration ويعرفها نيوتن بأنها تغير السرعة في الوحدة التي نتخذها لقياس الزمن

Change of velocity per unit of time

راجع : د. محمود فهمى زيدان الأستاذ المساعد والمنهج العلمى ص ١٦٤

بين جسمين تأثير متساو دائما ولكن في اتجاهين متقابلين ، فالقوة أساسها تأثير جسم على جسم .

ليس من الحكمة التقليل من شأن هذا القانون باعتباره من القوانين الواضحة التي لا تحتاج إلى تعليق ، بل على العكس ، لقد احتاج من عالم مثل نيوتن النفاذ بكل بصره لتفسيره وشرحه ، هناك جسم مؤثر وجسم مؤثر عليه ، وتؤثر قوة الفعل على الجسم المؤثر عليه ، أما قوة رد الفعل فتؤثر على الجسم الأصلي .

فالكاتب المرتكز على منضدة يؤثر على سطحها بقوة إلى أسفل هي وزنه ، كما أن سطح المنضدة يؤثر بقوة مساوية ومضادة أى إلى أعلى - على الكاتب . يقول نيوتن : إذا استندت إلى قائم مصباح الشارع مؤثراً عليه بقوة ، فإن قائم المصباح يرتكز أيضا عليك ، ويؤثر بنفس القوة ولكن في الاتجاه المضاد^(١) .

قانون الجاذبية لنيوتن :

هذا القانون يفسر وجود الحركة في الكون سواء في الأرض أم في الأجسام السماوية ، فالذى يجعل الأرض تدور حول الشمس أو الذى يجعل القمر يدور حول الأرض ، هو ما يسمى التجاذب بين الأجسام الضخمة، وليس معنى هذا أن التجاذب لا يكون إلا في الأجسام الضخمة كالأجرام السماوية، بل معنى القانون أى جسمين في العالم ، ولربما سأل سائل عن معنى الكتلة والمسافة ، وهما الكلمتان اللتان يتحدد بهما معنى القانون وصياغته فأما المسافة فهي البعد في المكان . ولاننسى أن فلسفة نيوتن العلمية لم تناقش معنى الزمان ولا معنى المكان ولا معنى المادة مثل مناقشتنا بل تقبل هذه المعطيات كما ورثتها ، وأما الكتلة فهي في المفهوم النيوتوني شيء مختلف عن المادة فهي مقدار مافى المادة من قوة العزوف عن التغيير . أو قوة البقاء على الحالة الراهنة سكونا أو حركة ضد عوامل التغيير الخارجية أو قوة القصور الذاتي إذا استعملنا المصطلح النيوتوني نفسه - ولقد توافق الناس على حساب كتلة أى شيء بمقدار مايقع عليه من جاذبية الأرض - على اعتبار أن كل جسم على الأرض وإن كان يتجاذب مع كل جسم سواه إلا أن تجاذبه مع الأرض أوضح من أى تجاذب آخر لعظم حجم الأرض ولقربها ، كما أن تجاذبه مع الأرض يمكن أن يعد جذبا من جانب واحد هو جذب الأرض للشيء لأن جذب الشيء للأرض مقدار تافه

J. jeans; The Growth of physical science. Newyork The Macmillan (١) Co., 1948

يحوى البابان الخامس والسادس عرضا ممتعا عن تطور ديناميكا نيوتن .

يمكن التجاوز عنه كما أن الحقيقة في تصور نيوتن للكتلة لا يفرض الجاذبية أولاً بل يفرض الكتلة أولاً - ومن هنا يحق لنا أن نتصور العالم المادى مع نيوتن على النحو التالى :

يتكون العالم من مادة - لها خاصية القصور الذاتى أو العزوف عن التغير ، تتفاوت خاصيتها هذه بين جزء من المادة وجزء آخر حسب ما لكل منهما من كتلة . ويحاول كل من الجزئين أن يجذب الآخر إليه ، فيمتنع الآخر عن جذب الأول بكل ما لديه من كتلة - شيئاً مشابهاً لمبادأة شد الحبل - فإن كانت كتلة أحد الجزئين أكبر جداً من الجزء الآخر كالنسبة بين كتلة الأرض وكتلة الكرة تراءى لنا بغاية السهولة أى الجزئين سيجذب الآخر إليهما وعندئذ يجوز لنا أن نحسب مقدار مافى الكرة من كتلة بمقدار مقاومتها لجاذبية الأرض متغاضين عن مقدار جذبها هى الأرض ، لأنه مقدار قليل . كان نيوتن على اقتناع تام بأن السبب فى سقوط الأجسام إلى الأرض إنما يرجع إلى المؤثر نفسه الذى يتسبب فى دوران الأرض وغيرها من الكواكب السيارة فى أفلاكها الدائرية تقريباً حول الشمس ، وفى دوران القمر حول الأرض. ويتلخص هذا السبب فى أن هناك قوة تجاذب بين الشمس والأرض تملك الأخيرة فى مدارها حول الشمس ، وأن هذا النوع من القوة هو الذى يتسبب فى سقوط كتلة معينة إلى سطح الأرض ومن هنا فرض نيوتن صيغة القانون الذى وحد بين القياسات الفلكية والملاحظات الأرضية وهو « قانون الجاذبية »^(١) والذى أمسك « نيوتن » عن نشر هذا القانون مدة تقرب من ٢٠ عاماً لقيامه بحساب الأبعاد الفلكية الشاسعة باستخدام حساب التفاضل والتكامل الذى اخترعه^(٢). استخدم نيوتن بعض المعلومات عن زمن دوران القمر حول الأرض ونصف قطر مداره حولها ونصف قطر الأرض نفسه ثم استنتج أنه يمكن التعبير عن قوة الجاذبية وهكذا ...

اكتشف نيوتن قانون الجذب العام^(٣) عام ١٦٦٥ ونشره عام ١٦٨٦ فى كتابه الأسس الرياضية بعد أن حمله على ذلك أصدقاؤه ومحبيه . طبقاً لهذا القانون تنشأ بين أى كتلتين قوة تجاذب تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الكتلتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما ، أى أن القوة تزداد إلى الضعف إذا ضعفت إحدى الكتلتين وتقل إلى ربع قيمتها إذا ضعفت المسافة بينهما .

Mott, Smith, **This Mechanical world**. D. Appleton & Co., 1931 (١)

الفصل الثالث من الكتاب عن قانون الجاذبية

Shapley H & H, **A source Book in Astronomy**. mc Grow - Hill book Co., 1939 p.77

George Carno, **The Birth and death of the sun**, New American Library (٣) 1950 p.132

وبين نيوتن أن قوة التجاذب هذه هي المسببة لسقوط الأجسام نحو الأرض . كما أنها هي المسؤولة عن المدارات شبه الدائرية التي تدور فيها الكواكب حول الشمس والقمر حول الأرض . وقانون الجاذبية قانون عام أى أنه صحيح في جميع الظروف وفي كل زمان ومكان ، فلا تقتصر قوة الجاذبية على المجموعة الشمسية فحسب بل تتعداها إلى مجرتنا التي تكون الشمس وكواكبها جزءا ضئيلا جدا منها .

وهو يعتبر أعظم كشف رياضي عرف إلى الآن - وبه وضع أساس علم الحركة وفُسرَت حركة الأجرام السماوية تفسيرا مازال ثابتا أمام أحدث النظريات العلمية .

ويمكن القول أن نيوتن في نظريته إلى العلوم نحا نحو جاليليو العالم الإيطالي واضع الحجر الأساس للعلوم الحديثة فنيوتن وجاليليو كانوا ينحشون عن قوانين الطبيعة عن طريق التجربة والملاحظة ، والحقائق العلمية التي من هذا النوع وكانت جديدة على العالم آنذاك حتى ولو لم تحمى وفق منطق خاص . وكان نيوتن يعتبر قانونه المعروف عن الجاذبية تفسيرا مقبولا للظواهر الطبيعية ولا يتعرض لأسبابها - فقد اعترف نيوتن أكثر من مرة بعدم معرفته هذه القوة الغائبة مع محاولته الوصول إلى معرفة سبب قوة الجاذبية وله في ذلك رأيان :

الرأى الأول :

أنه توجد مادة أثيرة موزعة توزيعا غير منتظم في الفضاء - فهي أكثر في بعض الجهات منها في الجهات الأخرى - وبهذا يمكن أن ينشأ عن تضاعف هذه المادة اقتراب الأجسام أو تجمدها وهذه فكرة لا تختلف كثيرا عما ذهب إليه ديكارت الذي افترض وجود الأثير في عالم الأجرام السماوية لتفسير حركاتها .

الرأى الثاني :

يذكر أن سبب الجاذبية هو مجرد إرادة الخالق . وعند نيوتن أنه لا تعارض بين الرأيين - فهي مراتب للحقيقة فالحواس تكشف لنا عن قوانين الطبيعة ومن وراء هذه القوانين توجد حقائق ما وراء الطبيعة^(١).

كما ذكر نيوتن بكل وضوح أنه يعتقد أن تركيب المجموعة الشمسية ماكان يمكن أن

A. D. Abro; The Evolution of scientific thought from Newton To (١)
Einstein 1950 p.111

يحدث بدون وجود الخالق الأعظم^(١). كان نيوتن مثل جاليليو وديكارت وبويل على درجه من التدين العميق ومع هذا فانهم كانوا أحرص ما يكونوا على الفصل بين معتقداتهم الدينية وأبحاثهم العلمية .

نظريات نيوتن في الضوء :

لاحظ نيوتن أن الضوء الأبيض عند مروره في منشور زجاجي Prism فإنه ينشق من الناحية الأخرى على شكل حزمة Beam من الضوء بها نفس الألوان التي يتكون منها قوس قزح Rainbow الذي يظهر في السماء في الأيام الممطرة . وهكذا اكتشف نيوتن أن ضوء الشمس الذي يبدو لأعيننا وكأنه ناصع البياض إنما يتكون في الحقيقة من عدة ألوان غير اللون الأبيض وكل لون من هذه الألوان يختلف مدى إشعاعه عن اللون الآخر، وفسر ذلك بأن اللون الأبيض في الواقع خليط من ألوان كثيرة وأن هذه الألوان تنكسر بدرجات متفاوتة عند مرورها في مادة المنشور، وأدى ذلك إلى قيامه بعمل منظار عاكس ذي مرآة تخلصنا من العيوب الناشئة عن انكسار الضوء في المنظار ذي العدسات ، وأهدى منظاره الجديده إلى الجمعية الملكية بلندن - فرشح لعضوية هذه الجمعية . والألوان التي ذكرها اسحق نيوتن والمكونة للضوء هي سبعة ألوان سميت بعد ذلك بألوان الطيف Spectrum^(٢) وهي الأحمر - والبرتقالي - والأصفر - والأخضر - والأزرق - والبنفسجي - فالأسود Red, Orange, Yellow, Green, Blue, Violet, Indigo ونيوتن من تجاربه البسيطة في الضوء بالنتيجة التالية .

« أن اللون الذي يتميز به أى شيء من الأشياء المرئية يعتمد على : طبيعة المادة التي يتكون منها هذا الشيء . ونوع أو صفة الضوء المسلط عليه^(٣) »

لقد كانت النظريات والقواعد التي وصفها نيوتن عن طبيعة الضوء وأطوال الموجات الخاصة بألوانه المختلفة من الأسس الرئيسة التي اعتمد عليها علماء القرن العشرين في اختراع وتطوير الكثير من الأجهزة المرئية كالتليفزيون الملون والفيديو كاسيت والأضواء الالكترونية وغير ذلك، وسيرد ذلك في فصل لاحق عن الضوء وأهم النظريات التي تفسر طبيعته المزدوجة .

(١) د. توفيق الطويل : أسس الفلسفة ص ٢٢٦

(٢) د. محمود فهمي زيدان : الاستقراء والمنهج العلمي ص ١٦٩

(٣) سبقه إلى ذلك ابن الهيثم (٩٦٥ - ١٠٣٨) - يضعه الأستاذ نظيف في المقدمة بين علماء الطبيعة النظرية والتجريبية . بما وضع في ظواهر الضوء من نظريات في الأبصار وقوس قزح وانعكاس الضوء وانعطافه (حيوده) . ظلت كتب ابن الهيثم « علم المناظر » المرجع الذي يعتمد عليه أهل الصناعة في أوروبا حتى القرن السابع عشر الميلادي .

نظرية نيوتن الجسيمية في الضوء : Particle or corpuscular theory

اعتقد نيوتن أن الضوء يتألف من جزيئات متناهية في الصغر^(١) Corpuscles تسير في خطوط مستقيمة مندفعة من مصدرها حتى إذا صادفت جسما من الأجسام ارتدت عنه كما ترتد الكرة حين تصطدم بحائط - وتكون زاوية الارتداد مساوية لزاوية السقوط .

وعرفت نظرية نيوتن بالنظرية الجسيمية - وأوضح أن سرعة الضوء أكثر في الوسط الكثيف منه في الوسط الأقل كثافة وبالرغم من أنه قد تم اكتشاف سرعة الضوء من قبل ذلك إلا أن قياس سرعة الضوء في المسافات القصيرة نسبيا لم يكن ممكنا - ومن ثم لم يتمكن العلماء وقتئذ من القيام بالتجربة الحاسمة بين النظريتين .

استمر نيوتن في تجاربه الخاصة في علم الضوء مما أدى إلى كتابة مؤلفة القيم في البصريات الذي نشره في أواخر حياته . ومن الاكتشافات الهامة التي توصل إليها نيوتن في الضوء هو اكتشافه لمبدأ التذبذب^(٢) Oscillation في الضوء وفي رأيه أن اختلاف الذبذبة ينشأ عنه اختلاف في اللون وقد استنبط نيوتن هذا بالقياس إلى ما يحدث في الصوت .

نيوتن والفلسك :

أهم نيوتن اهتماما كبيرا بما ذكره جاليليو عن اكتشافه من أن الأرض والشمس ليستا مركز هذا الكون . وطور اسحق نيوتن جهاز المقرّب (التلسكوب) الذي اخترعه جاليليو وصنع يديه جهازا آخر ، أكثر قدرة على رصد الأفلاك السماوية وتمكن بعبقريته في العلوم الرياضية من أن يسجل معلومات بالغة الدقة عن الشمس والأرض وسائر الكواكب الأخرى من حيث الحجم وبعد المسافات بينها وطبيعة تكوينها .

ومما اكتشفه نيوتن أن الشمس هي أقرب الأجرام السماوية إلى كوكب الأرض وهي كروية الشكل في هيئة غازية هائلة الحرارة . كما توقع نيوتن اكتشاف كواكب سيارّة

(١) الجسيمات الأولية Particles وهي الجسيمات التي كان يعتقد أنها تكون اللبنات الأساسية للضوء ، ويطلق عليها أحيانا الجسيمات الأساسية Fundamental particles .

راجع : معجم الفيزياء النووية والالكترونية مجمع اللغة العربية ١٩٧٤ ص ٣٩
(٢) التذبذب : Oscillation هو حركة جسم لأكملة حركة دورية ذهابا وإيابا وهي غير الأهرزاز Vibration التي فيها تتحرك أجزاء الجسم حركة دورية دون أن يرح الجسم بمجمله مكانه

وأیضا معجم الفيزياء النووية والالكترونية ص ٨١

أخرى تدور في فلك الشمس^(١)، والأرض تدور حول الشمس في مدار شبه بيضاوى Elliptical وأقل مسافة تكون فيها الأرض قريبة من الشمس هي ٩٢ مليون من الأميال . ويقطع شعاع الشمس المسافة التي بينها وبين الأرض في حوالى ثمان دقائق وثلاث دقيقة في حين أن أقرب جرم سماوى بعد الشمس لا يصل ضوءه إلى الأرض الا بعد مايزيد عن الأربع سنوات .

وقال نيوتن : أن سطح الشمس الذى يشع الضوء يبلغ سمكه حوالى مائتين وخمسين ميلا ، ويطلق العلماء على سطح الشمس المشع للضوء لفظه فوتوسفير Photosphere وعلى هذا السطح المشع للشمس توجد البقع الشمسية أو الكلف الشمسية Sunspots وهى داكنة اللون كما توجد أيضا كرات ملتبة شديدة الأضاءة يسميها العلماء الحبيبات المشرقة Bright Granulations تبدو ولمن يراقبها بالتلسكوب كأنها زركشة Mosaic زخرف أو وشى بها سطح الشمس الخارجى . وأن أحجام البقع يختلف اختلافا كبيرا فبعضها لايمكن رؤيته إلا بتلسكوب قوى ، والبعض الآخر يمكن رؤيته بالعين المجردة ، على شرط أن ينظر المراقب من خلف عدسة داكنة ، لأن إطالة النظر في قرص الشمس قد تذهب بالبصر . كما كان نيوتن أول من تحدث عن الغلاف الجوى للشمس الكروموسفير Chromosphere وهو يتكون من غازات شفافة اللون تضرب إلى الحمرة لإرتفاع حرارتها وهو الذى تراه من حولها في أثناء الكسوف .

والجدير بالذكر أن نيوتن تعاون واتصل بالعالم الفلكى « فلامستيد » Phlamisted مدير مرصد جرنيتش عام ١٦٨١ وقد أشار نيوتن إلى فضل زميله عندما برهن في كتابه الأسس أن المذنبات مثل الكواكب تتبع في سيرها قوانين خاصة . وما يجدر ذكره أن علاقة هذين العالمين نيوتن وفلامستيد أثرت أحسن النتائج - فأحدهما عالم فلكى لايجارى في ضبط مشاهداته ، والآخر عالم رياضى عبقرى ، يستخدم تلك النتائج ويصل بها إلى أسرار الطبيعة ، وكانت النظرية التى أهم بها نيوتن اهتماما كبيرا هى حركة القمر وكان « فلامستيد » هو الشخص الوحيد الذى يمكنه مساعدة « نيوتن » بالأرقام والاحصائيات ، وهكذا اجتمعت عبقريتان في عمل واحد ، هو دراسة حركة القمر وتوابعه وبعد ذلك ففرت العلاقة بينهما مدة من الزمن جعلت نيوتن يشكو من أن « فلامستيد » يعتمد إخفاء النتائج عنه .

(١) في سنة ١٧٨١م اكتشف الكوكب أورانس Uranus وفي سنة ١٨٤٦ تم اكتشاف نبتون Neptune وفي سنة ١٦٣٠ تم اكتشاف كوكب سيار آخر هو بلوتو . Pluto
راجع د. محمد جمال الدين الفندى : « الفضاء الكونى » المكتبة الثقافية العدد ٣٧ - ١٩٦١
وأیضا د. أمام إبراهيم أحمد : « عالم الأقفاك » المكتبة الثقافية العدد ٦٣ - ١٩٦٢ .

نيوتن والرياضيات :

مما لاشك فيه أن الرياضيات في عهد نيوتن أصبحت ذات ارتباط كبير بكثير من العلوم الطبيعية ، سواء من حيث استخدام الصيغ والتعابير الكمية أو في التعبير عن تعميمات تلك العلوم المختلفة كعنصر أساسي لا يمكن الاستغناء عنه .

كان لنيوتن فضل كبير في هذا المضمار سواء في توصله إلى حساب التفاضل والتكامل بجانب تأليفه لكتاب الأسس الرياضية للفلسفة الطبيعية .

حساب التفاضل والتكامل :

لاشك أن علم الحساب ثاني أقدم العلوم الرياضية كافة بعد الهندسة أو علم قياس الأرض الذى بناه على أساس من المنطق العالم الأغريقى أقليدس . ويجيء بعد ذلك علم الجبر الذى نظمته وأسماه العالم الإسلامى محمد بن موسى الخوارزمي^(١) في عهد الخليفة المأمون . أما حساب التفاضل والتكامل فلم يكن معروفا قبل نيوتن وقد اكتشف طريقته وهو في الثانية والعشرين من عمره عام ١٦٦٥ - وحساب التفاضل يبحث في المقادير المتغيرة وإيجاد معدلات تغيرها - كما يبحث حساب التكامل في المسألة العكسية أى إيجاد ذات المقادير المتغيرة إذا علمت معدلات تغيرها .

ولما كانت المقادير التى تنشأ في الأبحاث الفلكية والطبيعية هى بطبيعتها متغيرة إما في القيمة أو في المكان أو الشكل أو في السرعة ، إلى غير ذلك ، كان اختراع حساب التفاضل والتكامل من أقوى الوسائل التى زودت العلماء بطريقة الحساب والتعبير عن القوانين الطبيعية ببراعة - ومهدت السبيل إلى دراسة أسرار الكون . ولعل طبيعة نيوتن جعلته ينظر إلى اختراعه الجديد على أنه طريقة جديدة للحساب وحسبه فلم يهتم بنشرها بل اكتفى باستخدامها . ويجمع المؤرخون على أن الفيلسوف الألمانى ليهنتز اهتدى إلى الحساب الجديد مستقلا عن نيوتن وكانت الاصطلاحات التى استخدمها مختلفة عما استخدمه نيوتن . والمرجح هو أن كل منهما وصل إلى اختراعه مستقلا عن الآخر .

(١) الخوارزمي (ت ٢٣٢ هـ) أول من ألف واستعمل كلمة « جبر » للعلم المعروف بهذا الاسم في كتاب « الجبر والمقابلة » ترجمة إلى اللاتينية روبرت شستر - بقى زمنا طويلا كمرجع أصيل معروف باسم الغوريثمى نسبة للخوارزمي - حقق الكتاب الدكتورة مشرفة ومحمد مرسى عام ١٩٣٧ .

الأسس الرياضية للفلسفة الطبيعية : Principia mathematica philosophiae Naturalis

وهو كتاب في ثلاثة أجزاء قدمها إلى الجمعية الملكية عام ١٦٨٦ ونشرت عام ١٦٨٧ - استغرق هذا العمل من نيوتن سبعة عشر سنة - وقوبل هذا الكتاب من الجمعية بكل ترحيب وحماس - على الرغم من أن نيوتن أطلق على كتابه اسم الفلسفة الطبيعية ولم يطلق عليه اسم العلم الطبيعي فقد أصبح يؤرخ به لانفصال العلم الطبيعي عن الفلسفة - ذلك لأن كلمة العلم بمعناها التجريبي الراهن لم تكن قد ظهرت بعد ، وإنما الذى ظهر هو طريقة البحث التجريبي التى تعتمد على الملاحظة واجراء التجارب واختراع الآلات والأدوات التى نستطيع عن طريقها توسيع نطاق الملاحظة والتجربة . أما كلمة علم Science بمعناها الراهن فكان أول من استخدمها هو المجمع البريطانى لتقدم العلم الذى أنشئ عام ١٨٣١^(١).

اجتمعت لنيوتن من صفات العبقرية ما لم يجتمع لغيره فى التاريخ فقد كان رياضيا من الطراز الأول وعالما تجريبيا ممتازا . وهذا ما أكدته بحوثه الرياضية والفيزيائية .

وفى عام ١٦٩١ عين نيوتن عن طريق أحد أصدقائه القدامى مديرا لدار صك النقود ، عام ١٧٠٣ انتخب بجانب عمله كمدير لدار صك النقود رئيسا للجمعية الملكية بلندن حيث بلغ الستين من عمره .

فى عام ١٧٢٤ ساءت حالة نيوتن الصحية وتبين أن نظرة نيوتن للعلم فى ذلك الوقت أصبحت قليلة الأهمية نسبيا بل لقد زادت تلك النظرة فى أقواله الأخيرة :

« أنى لا أعرف كيف سينظر العالم إلئى - ولكنى أنظر إلى نفسى كالطفل يلهو على شاطئ البحر وبين الفينة والفينة - كانت تحين منه التفاته إلى حصاة أنعم من غيرها - أو إلى صدقة أجهل من أخواتها بينمابقى ببحر الحقيقة الخضم جميعه مجهولا أمامى »

فى ٢٨ فبراير ١٧٢٧ ذهب نيوتن إلى لندن لرئاسة اجتماع الجمعية الملكية - فأجهدهته الرحلة فرجع مريضا حيث توفى فى ٢٠ مارس ١٧٢٧ ودفن بمقبرة العظماء فى وست منستر فى احتفال مهيب . ترك نيوتن للعالم ثروة من العلم تفوق ما أنتجه العلماء مجتمعين فى عدة قرون رغم أنه قضى النصف الأخير من حياته حوالى أربعين عاما دون أى إنتاج علمى يستحق الذكر^(٢) مع تمتعه بكامل صحته العقلية والجسمية ويرجع ذلك إلى اعتقاده

Mers; A History of European thought in the nineteenth century. Vol I (١)
P.89

Sarah K. R; Famous men of science p.52

(٢)

بأن الانسان جزء صغير جدا من نظام إلهي وأن العلم إلا مسرحا تجرى فيه بعض مظاهر هذا النظام الأبدى .

وأن البحث في تركيب هذا المسرح المادى وفي معرفة القوانين التى يخضع لها كل ذلك يلقي ضوءا على طبيعة الخالق الأعظم رغم أن هذا الضوء ناقص وجزئى وأن هناك طريق أسهل من ذلك وهو ما أظهره لنا الخالق عن نفسه عن طريق الكتب السماوية والرسل .

قال فى إحدى المناسبات : « نحن جميعا أصدقاء لأننا مجمعون على السعى نحو الهدف الوحيد اللائق بالانسان ، ألا وهو معرفة الحقيقة » نحن نعيش حياة بسيطة ونسير على طريق الاستقامة ونحاول باخلاص أن نعبث « الموجود الأسمى » بصورة تبدو لإدراكنا العاجز على أنها مرضية بأكثر ما يكون^(١)

كان النظام الميكانيكى لنيوتن أفضل من كل ما تقدمه إلى درجة لا تسمح بالمقارنة ، ويرجع ذلك إلى سببين : أولهما أنه أسس على نتائج التجارب التى أجراها جاليليو وغيره ، على حين اعتمدت النظم السابقة على الحدس والتخمين ، وثانيهما أنه تحرر من الاهتمام الخاص بالظروف السائدة على سطح الأرض ، وأمكنه بذلك أن يهبى أساساً لصرح علم الفلك الديناميكي الذى شيد عليه ، فقد قدم ديناميكا تصلح للسماء مثلما تصلح للأرض ، وعلى أهميته كان مجرد خطوة نحو الحقيقة النهائية .

لاشك أن نيوتن من العلماء النابيين الذين كان لهم فضل الريادة فى دفع الحركة العلمية خطوات واسعة إلى الأمام - لقد كان رياضياً من الطراز الأول وعالمًا تجريبيًا ممتازا ذا مقدرة فذة على استخلاص الحقائق من المشاهدات والتجارب .

ترك ثوة بالغة من العلم ستظل شاهدة أهد الدهر على عظمة هذا العالم العملاق .

(١) د. محمد مرسى أحمد « نيوتن » دار الشرق للنشر والطبع مكتبة الجيل الجديد ١٩٤٦ ص ٧١

محتويات الفصل الثالى

النظرية الذرية المعاصرة وبواكيرها التاريخية

- النظرية وتاريخها
 - ديموقريطس ، جاسندى ، بويل ، جون دالتن ، مندليف
 - النظرية الحركية للغازات « ماكسويل وكلاوزيوس »
- النظرية الذرية المعاصرة فى مرحلتها الأولى
 - الجزيئات
 - الذرات
 - الذرة والكهرية
 - اكتشاف الالكترتون
 - اكتشاف البروتون
 - نموذج رذرفورد لبنية الذرة
- النظرية الذرية المعاصرة فى مرحلتها الثانية
 - التركيب الذرى للمادة
 - اكتشاف النشاط الأشعاعى
 - الصعوبات فى نموذج « رذرفورد » للذرة
 - مولد نظرية الكوانتم عند « ماكس بلانك » ١٩٠٠
 - ظاهرة الانبعاث الكهروضوئى عند « أينشتين » ١٩٠٥
 - تصور « نيلزبور » لتركيب الذرة ١٩١٣
 - خاصية جسيمات الضوء وموجات الجسيمات « دى بروى » ١٩٢٤
 - « شرودنجر » والميكانيكا الموجية ١٩٢٦
 - مبدأ اللايقين « لهيزنبرج » ١٩٢٧
 - الضوء وفيزياء الكوانتم
 - تصور الضوء والمادة يعنىان الطاقة
 - النيوترون « بوث وبيكر » ١٩٣٠
 - الأشعة الكونية وجسيمات أخرى
 - الانشطار النووى

الفصل الثاني النظرية الذرية المعاصرة وبواكيرها التاريخية

النظرية وتاريخها :

إننا عندما نقرب النظر فيما حولنا ، نرى أنواعا عديدة من المادة ، متباينة في أشكالها وألوانها ، وخواصها . منها ما ينبض بالحياة ، ومنها ما هو جامد أصم . ولقد بهر الإنسان بهذا التنوع العظيم من المخلوقات ، فحاول أن يصل بتفكيره إلى الأصل في هذه الأشياء جميعها ، وكان المحور الذي ارتكزت عليه غالبية النظريات الفلسفية القديمة ، هو اختزال ذلك العدد الهائل من الصور المتعددة للمادة إلى عنصر أساسي واحد أو عدد محدود من العناصر الأساسية ، ماسبقت الإشارة إليه في مطلع الفصل الأول ، ومن بين ما يسجله التاريخ ما قدمه ديموقريطس ، من تصوره للعالم على أنه مؤلف من عدد لا حصر له من جسيمات متناهية في الصغر وغير قابلة للانقسام ، تتحرك في الفضاء ، هذه الجسيمات أو الذرات^(١) في نظره ثابتة لا تتغير ، وأنها بحركاتها واتحاد بعضها مع بعض وانفصال بعضها عن بعض ، تألفت جميع الأشياء المختلفة في العالم ، لم يخصص ديموقريطس صفات للذرة ، سوى أنها أحد شقي الكون إذ أن الكون في نظره وفي نظرية ففة من أسلافه يتكون من شقين الملاء والخلاء ، فالملاء أو الفراغ المكاني مملؤ بالذرات Atoms والخلاء Void هو الفضاء الخالي الذي تسبح فيه تلك الذرات ، فلم يكن لها لون ولا رائحة ولا طعم . أما تلك الخواص التي تؤثر بها في الحواس البشرية ، فقد افترضت كنتيجة لحركة الذرات وإزاحتها في الفضاء . ولقد قال ديموقريطس أن لون الأجسام وكذلك مذاقها الحلو والمر ، جميعا أشياء ظاهرية ، وأن الذرات والخلاء فقط هما اللذان لهما وجود حقيقي . من الخطأ أن نعد ذرية ديموقريطس نظرية فيزيائية علمية إذ هي لم تخرج عن كونها فروض لتأملات فلسفية لا تستند إلى أي برهان تجريبي يقوم على الأسس العلمية السليمة ، كما أننا لا يمكننا استخلاص أية نتائج منها ولا التنبؤ بصفات أخرى يمكن أن تظهر في ظروف معينة . ومع ذلك ، لا يمكننا أن ننكر أنها الفرض الأصيل الذي انبثقت عنه النظريات الذرية الحديثة ، ومنها استمد « جاسندي » Gassendi (١٥٩٢ - ١٦٥٥) وجهة نظره بذرية المادة ووضعها في إطار النظرية العلمية . فكانت الذرات في نظر « جاسندي » جسيمات ذات كتلة تتحرك في الفضاء .

(١) القول بالذرة فرض صوري ، لأن الذرة ليست موضوع إدراك حسي وليست مما نتحقق من وجودها بخبره الحسية المباشرة .

راجع : د. محمود فهمي زيدان ، الاستقراء والمنهج العلمي ص ١٧٤ .

كان جاسندى قسيسا فرنسيا وفيلسوبا وعالما رياضيا ، ولقد انعكست صفاته هذه في نظريته الذرية فكان لزعته الدينية الفضل في تطهير الذرات من اقترانها بالإلحاد . فلقد أوضح أن حركة أو ميكانيكا الذرات لا تتطلب من الإله أن ينشغل باستمرار في تسيير العالم المادى ، ولكن يكفيه أن يدفع الذرات مرة واحدة في البداية ثم تحدد هذه الذرات بعد ذلك حركتها واتحاداتها المستقبلية ، ترعاها في ذلك العناية الإلهية . وأن الذرات في المادة الصلبة توجد في نظام صارم ، وأنها في السوائل تتحرك عشوائيا رغم أنها معبأة بإحكام ، وأنها في الحالة الغازية تهيم كسرب من الحشرات تفصلها مسافات واسعة^(١).

كثير من المحاولات العلمية التي تبذل لتحقيق فكرة معينة ، يوء بالخيبة ، وكثير منها يصادفه النجاح وغالبا مايفتح الاخفاق آفاقا واسعة ويؤدى إلى ثورة في المفاهيم والآراء . وأن مثل خيبة الكيميائيين القدامى في تحويل الزئبق إلى ذهب ، ليقف شاهداً واضحاً على ذلك . فلقد ظلت فكرة إمكان اختزال المادة في النهاية إلى مادة واحدة أساسية ، وإمكان تحويل أية مادة إلى مادة أخرى سائدة ، وتكررت المحاولات لتحقيقها ، ولكن ذهبت كل الجهود التي بذلت في هذه السبيل سدى ، إلى أن جاء العالم الأنجليزى روبرت بويل R.Boyle^(٢) (١٦٢٧ - ١٦٩١) ونظر إلى اخفاق تلك المحاولات نظرة أعمق ، وأمكنه أن يستشف أن المادة ليست متجانسة بالمعنى الذى كان مفهوما ، إنما لابد من وجود مواد أساسية يستحيل تحويلها إلى أخرى بأية طريقة كيميائية .

عالج « روبرت بويل » موضوع الاحتراق وبين أن احتراق المادة لا يحللها إلى عناصرها وأوضح أن هناك مايسمى بالعنصر ومايسمى بالمركب ، وأنه بتسخين الكبريت والزئبق يتكون مركب جديد له خواص تختلف عن خواص كل عنصر على حدة - إلى أن اكتشف « جوزيف بريسلى » (١٧٣٣ - ١٨٠٤) J. Priestley الأكسجين وما يقوم به من دور في الاحتراق وضرورته لتنفس الكائنات . إلا أن كيمياء العناصر الحديثة لم تؤسس إلا بعد ظهور لافوازييه (١٧٤٣ - ١٧٩٤) Lavoisier وقضائه على

(١) Bragg, sir william; *Concering the nature of things*. London G. Bell Sons. 1925 p.32

(٢) روبرت بويل : ولد بايرلندة - تعلم الفرنسية واللاتينية طفلا - سافر إلى فرنسا وهواين أحد عشر عاما وزار ايطاليا وهو ابن ١٤ عاما عاد إلى انجلترا عام ١٦٤٤ وأنصرف إلى دراسة العلوم حتى أنضم إلى الجمعية الملكية Royal society عام ١٦٦٣ . وهب حياته واثروته للعلم التجريبي مجيبا لدعوة فرانسيس بيكون ، في بداية تجاربه كان وصفا ، ثم ما لبث أن أصبح كميّا وآمن بادخال الرياضيات كما عالج بويل موضوع الاحتراق ، وأوضح أن هناك ما يسمى بالعنصر وما يسمى بالمركب وهو أول من عرف العنصر تعريفا صحيحا .

نظرية الاحتراق « نظرية الفلوجستون » Phlogiston theory وتفسير ظاهرة الاحتراق تفسيراً علمياً صحيحاً . كان أول من أدخل إلى الكيمياء الطرائق الكمية باستخدام الوزن والقياس وقد حاول تقسيم العناصر وترتيبها بأن وضع الجدول التالى للعناصر التى كانت معروفة فى زمانه .

القسم الأول العناصر غير المعدنية	القسم الثالث العناصر المعدنية	القسم الرابع العناصر المعدنية
الضوء	الأنثيمون - الحديد - البلاتين	الجر
الحرارة	الزرنيخ - الرصاص - الفضة	المجنيزيا
الأكسجين	البزموت - المنجنيز - القصدير	البراتيا
الأزوت	الكوبالت - الزئبق - التنجستين	الألومينا
الأيدروجين	النحاس - المولبدنم - الزنك	السيليكا
	الذهب - النيكل -	-

أدخل لافوازييه الضوء والحرارة فى جدول له لما لا يمكن تجاهلها ولأنه اعتبرهما من الماديات ، القسمان الأول والثانى يضمنان العناصر غير المعدنية والثالث والرابع المعادن وأكاسيدها .

فى عام ١٨٦٩ وضع « دمترى مندليف » D.Mendeleev جدولاً^(١) يعرف باسمه أمكنه ترتيب العناصر الكيميائية فيه حيث تبين له أن عددها ٩٢ عنصراً رتبها ترتيباً تصاعدياً تبعاً لأوزانها الذرية بادتاً بأخف العناصر الأيدروجين فالهيليوم فالليثيوم فالبريليوم والكربون والأزوت فالأكسجين - وقد جعل ترتيبه هذا فى صفوف أفقية وأخرى رأسية بحيث تشابه كل مجموعة رأسية فيما بينها فى الصفات الكيميائية - ومعنى هذا أن الصفات تتكرر تكراراً دورياً كل ثمانية عناصر يعتبر جدول مندليف من الأعمال المجيدة التى ساعدت على تقدم البحث والتى أدت إلى اكتشاف عناصر جديدة كانت أماكنها خالية فى الجدول ، لم تكتمل إلا بفضل اتصال الجهد العلمى للباحثين - اكتشف « نيلسن » Nelson عام ١٨٧٩ عنصر الكانديوم فى المكان الخالى الذى تركه مندليف

Fritz Ephraim; A Text Book of Inorganic chemistry. 1950 p.219 (١)

بين عنصرى الكالسيوم والتيتانيوم واكتشف « دى بويسودران » De Boisbaudran عام ١٨٧٥ عنصر الجاليوم وفى عام ١٨٨٦ اكتشف « وينكلر » Winkler عنصر الجرمانيوم^(١).

ولقد اكتشفت فى الستينيات عناصر أخرى مثل الأمريسيوم والكوريم والبروكليوم والكاليفورنيوم واعدادها الذرية هى ٩٥ ، ٩٦ ، ٩٨ ، وأوزانها الذرية ٢٤١ ، ٢٤٢ ، ٢٤٣ ، ٢٤٤ ، كما اكتشف عنصر آخر عدده الذرى ٩٩ ووزنه الذرى ٢٤٧ بولد فى سيكلوترون^(٢) كاليفورنيا ببركل وقد سُمى مؤقتاً إيكاهوليوم وانتج باضافة جسيمات نووية لليورانيوم وقد ذكر أنه مشع وقصير العمر إذ يتحول إلى بركليوم فى دقائق قليلة وله أوجه شبه مع الهليوم وفى عام ١٩٥٤ أنتج عنصر آخر عدده الذرى ١٠٠ يشبه الأريوم . وقد قيل أن ثلاث عناصر كيميائية أخرى على الأقل تم اكتشافهما أثناء الاتحاد السوفيتى عامى ٥٥ ، ٥٦ وثالث بفرنسا عام ٥٧

وهكذا أمكن اختزال ذلك التنوع العظيم من المواد الحية والجامدة التى تتعامل بها فى حياتنا والتى تصل إلى نحو مليون نوع ، إلى (١٠٣) عنصراً أساسياً فقط . فتركيب للماء مثلاً من عنصرى الأيدروجين والأكسجين الغازيين ، ويتكون ملح الطعام من عنصرى الكلور والصوديوم ، وحتى أجسامنا تتكون أساساً من الأيدروجين والأكسجين والكربون والتروجين ، ومن بين العناصر أيضاً الفلور والبروم والصوديوم واليوتاسيوم والسيلكون والكربون والفوسفور والكبريت والحديد والذهب والكروم والفضة ... الخ .

والشئ المثير هو كيف تتحد هذه العناصر لتعطى مواداً مختلفة اختلافاً عن أصولها ؟ فالأيدروجين غاز وكذلك الأكسجين ولكن اتحادهما يجعل منهما سائلاً هو الماء . فبذلك يؤدى اتحاد العنصرين نفسيهما إلى مادة سائلة أخرى هى فوق أكسيد الأيدروجين ، وهو المعروف لدينا باسم ماء الأكسجين . وإنا لنجد الإجابة عن هذا السؤال فى شروح العالم الإنجليزى « جون دالطن » John Dalton (١٧٦٦ - ١٨٤٤) فلقد وجد أن العناصر تتحد دائماً فى المركبات الكيميائية بنسب محدودة . فيتحد الأيدروجين والأكسجين مثلاً بنسبة ١ : ٨ وزناً ليكون الماء ، وبنسبة ١ : ١٦ ليكون فوق أكسيد الأيدروجين وهكذا الحال مع جميع المركبات الكيميائية .

(١) Treadwell & Hall; Analytical chemistry. London-1957. pp., 123-125

(٢) السيكلوترون : هو جهاز هدفه إعطاء الكيانات المتناهية فى الصغر سرعة كبيرة تدخلى بها إلى ذرات العناصر فتحوها إلى عناصر أخرى

وفسر « دالتن » هذه الظاهرة المعروفة باسم قانون النسب الثابتة بافتراض أن العنصر يتكون من جسيمات دقيقة جداً ، هي الذرات وتتحد هذه الذرات بنسب معينة لتكون وحدة أكبر وأكثر تعقيداً للمركب الكيميائي ، وتسمى هذه الوحدة الجزيء فتتحد ذرة من الأكسجين مع ذرتين من الهيدروجين لتكون جزيء الماء ، وتتحد ذرة من الكلور مع ذرة من الصوديوم لتكونا جزيء الصوديوم أى ملح الطعام . وهذا الاتحاد أقوى من أن يؤثر فيه القوى الميكانيكية . فتحن إذا سحقنا ملح الطعام حتى نصل إلى أدق ما يمكن أن نحصل عليه من حبيبات ، فإن هذه الحبيبات تظل محتفظة بخواص الملح ، ولا تتفتت إلى مكوناته من الصوديوم والكلور . يمكن الإشارة إلى المبادئ الأساسية لنظرية « دالتن » التي أصبحت بداية للنظرية الذرية الحديثة فيما يلي :

تتألف أى مادة من ذرات متناهية في الصغر لا يمكن أن تنقسم (نحن نعلم أنها الآن تنقسم) وذرات العنصر الواحد متشابهة - والتغير الكيميائي إنما ارتباط ذرات كانت من قبل متباعدة أو انفصال ذرات كانت من قبل متحدة - وقال « دالتن » : إن الذرات تفسر لنا في سهولة كيف أن العناصر إذا اتحدت فإنها تفعل ذلك بأوزان معروفة بينها نسب ثابتة وأسمها قانون النسب الثابتة^(١) .

هذا ، ويمكن الاستدلال على التركيب الجزيئي للمادة من مشاهداتنا لسلوك الغازات . فالغاز ينتشر في جميع أنحاء الحيز الذي يوضع فيه ، وبقل حجمه بزيادة الضغط عليه (قانون بويل)^(٢) .

وهذه خاصية لا يمكن أن تظهر إلا إذا كان الغاز مكوناً من وحدات صغيرة منفصلة تسبح في الحيز وتفصل بينها مسافات تطول وتقصر طبقاً للضغط المسلط على الغاز .

(١) Gregory, J.; A short History of Atomism. London A & C Black 1931

الباب السابع والباب الثامن يعالج النظرية الذرية لجون دالتن .

جون دالتن : كان أستاذاً للرياضة بالكلية الجديدة بما تشستر . في عام ١٨٠٨ أعلن نظريته

المعروفة تحت عنوان « نظام جديد في الفلسفة الكيميائية » .

(٢) في عام ١٦٦٢ وضع بويل قانونه المشهور لبيان العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبوت درجة

الحرارة ونصه « حجم مقدار معين من غاز يتناسب تناسباً عكسياً مع ضغطه عند ثبوت درجة

الحرارة .

Mott - Smith, Heat & Its working, D. Appleton & Co. راجع :

Newyork 1933

الأبواب ١ - ٣ عرض شائق لقوانين الغازات .

فنتوقع ، إذن ، امكان زيادة كمية الغاز في الوعاء الحاوى له دون الحاجة إلى زيادة حجم الوعاء ، إذ تمجد الوحدات الجديدة دائما مكانا لها بين الوحدات الموجودة أصلا . وكان ما يحدث هو أن تقصر المسافات الفاصلة بين الوحدات ، ومن ثم يزداد الضغط ومادام الأمر كذلك ، فإننا نتوقع ، أن يكون هناك حد أعلى للضغط الذى يمكن أن يسلط على الغاز ليقابل من حجمه ، إذ تعمل زيادة الضغط على تقصير المسافات التى تفصل بين جزيئات الغاز ومن المحمم أن لهذه المسافات حداً أدنى ، تصبح عنده الجزيئات مكندسة ولايمكن أن تقل عنه هذه المسافات بمقدار ملموس مهما يزداد الضغط ، وهذا هو ما نجد في الطبيعة في الواقع .

فزيادة الضغط على بعض الغازات ، كبخار الماء مثلا ، أو ثاى أكسيد الكربون ، نجدها تتحول من الحالة الغازية إلى صورة أخرى هي الحالة السائلة وإننا لنلمس ذلك في أسطوانة غاز الوقود المعبأ في أسطوانات البوتاجاز المستخدم في معظم منازلنا الآن . فليس ثمة شك في أن ما ينبعث من صنبور الموقد غاز ، وهو الذى يشتعل ، ولكننا إذا حملنا الأسطوانة وهزناها ، سمعنا صوت سائل يرج داخلها ، وخاصة إذا كانت معبأة حديثا . والغاز في الأسطوانة تحول إلى سائل تحت الضغط العالى الذى عبت به ، وعندما أزيل الضغط يفتح الصنبور فيتحول إلى غاز مرة أخرى .

هذا هو الفرق بين السائل والغاز ، كلاهما يتكون من جزيئات دقيقة غير محكمة التبعية في الغاز وتصبح تعبتها أكثر إحكاما في السائل . ولا تختلف جزيئات المادة في أى وجه من الوجوه سواء كانت في الحالة السائلة أو الحالة الغازية . فجزىء الماء هو سواء كان على صورة بخار (غاز) أو سائل (الماء) أو متجمد (ثلج) ، إنما الفارق الوحيد بين الحالات الثلاث هو في الخواص الطبيعية ، فالغاز قابل للانضغاط لكبر المسافات التى تفصل بين جزيئاته ، ولكن السائل غير قابل للانضغاط لصغر هذه المسافات وإنما يمكن تلججه بالتبريد ، وعلى ذلك فيمتاز بأن له حجما معينا .

إذا كان التحول من الحالة الغازية إلى السائلة مسألة ضغط فقط ، فلماذا يظهر الماء سائلا وهو غير واقع تحت ضغط على ما يبدو ؟ ولماذا لا نحصل على أيديروجين سائل أو أكسجين سائل مهما تكن قيمة الضغط المسلط عليهما ؟ إن المسألة ليست مسألة ضغط فقط ، إنما هي في الحقيقة مسألة المسافات التى تفصل بين الجزيئات ، والقوى التى تعمل بينها . فيتأثر كل جزىء بقوى تربطه بالجزيئات المحيطة به ، وتتوقف هذه القوة التى تعمل بين الجزيئات على المسافة التى تفصل بين الجزىء والآخر ، فتضعف بازدياد هذه المسافة وتشتد بقصرها .

وليس الضغط هو العامل الوحيد الذى يؤثر فى تغيير المسافة ، ولكن هناك عاملا آخر يعمل مع الضغط وهذا العامل هو درجة الحرارة ، التى ارتفاعها يساعد على زيادة المسافة ، ويعمل انخفاضها على تقصيرها ، وبالعكس الضغط الذى تعمل زيادته على تقصير المسافة ، ويعمل انخفاضه على زيادتها .

وتختلف قيمة القوة ومداهما من مادة لمادة ، فنجدها كافية لحفظ المادة فى حالة السيولة تحت الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة فى بعض المواد ، كالماء مثلا ، ونجدها ضعيفة جدا أو تكاد تنعدم فى مواد أخرى تحت نفس الظروف ، كما فى الغازات الدائمة كالأيدروجين والأكسجين مثلا ولكن إذا بردت هذه الغازات إلى درجة حرارة منخفضة انخفضا كافيا وضغطت ضغطا عاليا قصرت المسافات التى تفصل بين الجزيئات إلى الحد الذى يجعل القوة ذات أثر ملموس ، فتتخذ المادة الصورة السائلة .

إن إدراك العلاقة بين الضغط والمسافة ، أمر سهل تأثيره نلمسه فى حياتنا اليومية ، حيث أننا نلجأ عادة إلى زيادة الضغط إذا أردنا كبس الأشياء . ولكن الأمر غير الواضح هو العلاقة بين درجة الحرارة وهذه المسافات ، فليس هناك سبب واضح لهذا التأثير . ولكن إذا تذكرنا أن الحرارة طاقة وأن الطاقة يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى . أمكننا أن نرى علاقة وثيقة بين الحرارة والمسافات التى تفصل بين الجزيئات ، فتغير المسافات يعنى حركة ، وبالتالي يعنى تغيراً فى طاقة الحركة ، ومن هنا يظهر لنا الدليل الأول للعلاقة بين الحركة والحرارة ، ومن هنا استمد « ماكسويل » Maxwell « وكلاوزيوس »^(١) Klaweizuss نظريتهم فى الديناميكا الحرارية فى الثلث الأوسط من القرن التاسع عشر ، حيث أمكن عزو ارتفاع درجة حرارة الأجسام إلى حركة جزيئاتها .

النظرية الحركية للغازات : Kinetic theory of gases

لقد عرفنا الأوائل الفخارية منذ حضارتنا القديمة ، وعرفنا قلة الماء تهباً لنا ماءً ذا برودة فمن أين تأتى هذه البرودة وليس هناك ثلج يحيط بها ؟ إنها تأتى من حركة جزيئات الماء^(١) رودلف كلاوزيوس (١٨٢٢ - ١٨٨٨) عالم الفيزياء النظرية الألماني الفذ - كان أول من وضع القانون الثانى للديناميكا الحرارية فى سنة ١٨٥٠ - بافتراض عدم إمكانية انتقال الحرارة بنفسها من الجسم الأكثر برودة إلى الجسم الأكثر سخونة . وفى سنة ١٨٦٥ باستخدام مفهوم الأنتروپيا الذى استحدثه بنفسه . كان أحد الأوائل الذين لجأوا إلى دراسة اللغة الحرارية للغازات . ذات الذرات الكثيرة . والتوصل الحرارى للغازات وقد أدت أبحاثه فى نظرية حركة الغازات إلى الوصول إلى التمثيل الاحصائى للمعاملات الفيزيائية - وله مجموعة كبيرة من الأبحاث المهمة فى الظواهر الكهربائية والمغناطيسية .
راجع : تاريخ الكيمياء وفلسفتها للمؤلف .

داخل القلة وعلى سطحها . فجزئيات المادة في حركة دائبة ، وهذه الحركة هي التي نكتسبها ، خواصها الطبيعية من حيث درجة الحرارة والشكل .

والدليل على هذه الحركة واضح جدا في حالة الغازات ، فكون الغاز ينتشر في أى حيز يوضع فيه، يوحى في الحال أن جزيئات هذا الغاز تتحرك وتنتقل من مكان إلى آخر ، فتشغل بذلك كل الحيز وهذه الحركة عشوائية Random motion تتطير فيها الجزيئات على غير هدى ، ويصدم بعضها بعضا ، كما تصطدم بجدران الإناء الحاوى لها . ويتغير اتجاه الحركة عقب كل تصادم ، فيبدو الجزيء متخبطاً في حركته ، ولقد درس « ماكسويل وكلاوزيوس » هذه الحركة دراسة شاملة وأخضعوها للقواعد الرياضية الصارمة ، فارتفعت بذلك إلى مصاف النظريات العلمية وأطلق عليها اسم النظرية الحركية للغازات . والفروض الأساسية لنظرية الحركة للغازات هي أن الغاز يتركب من جزيئات دقيقة أشبه بكرات تامة المرونة ، وتحرك هذه الجزيئات حركات عشوائية فيصطدم بعضها ببعض ، وبجدران الإناء الحاوى لها وينشأ عن الاصطدامات السريعة المتتالية بجدران الإناء قوة تؤثر عليه ، وهي مانعها بضغط الغاز Gas pressure وتختلف سرعة كل جزيء عن الآخر فمنها ما هو سريع جدا ومنها ما هو بطيء . وواضح أننا إذا سخنا الغاز أى أمددناه بالطاقة الحرارية ، فإن هذه الطاقة تعمل على زيادة طاقة حركة الجزيئات أى تزيد من سرعتها وبذلك يرتفع متوسط طاقة الحركة للجزيئات الغاز . وعلى ذلك ، يؤخذ هذا المتوسط كمقياس للحرارة التي يكتسبها الغاز .

وهو ما نعبّر عنه بدرجة الحرارة فإذا زاد متوسط طاقة الحركة ، ارتفعت الحرارة ، وإذا نقص هذا المتوسط انخفضت درجة الحرارة . فننتظر إذن ، أن يبدأ مقياس درجة الحرارة ، عندما يكون متوسط طاقة الحركة صفرا ، أى عندما تنعدم الحركة كلية ، وهذه هي الحقيقة فهناك حد أدنى لدرجة الحرارة التي يمكن أن تبرد أى مادة إليها ، ويسمى هذا الحد الأدنى بالصفر المطلق^(١) وهو يقابل $- 273^{\circ}$ درجة مئوية ، وعنده تنعدم حركة جزيئات المادة . فالصفر المئوي الذي اعتدنا القياس منه ، يرتفع عن الصفر المطلق أى عن الحد الأقصى للبرودة 273 درجة .

وعلى ذلك فما نطلق عليه سخونه ، وبرودة ، إن هو إلا مظهر للحركة العشوائية للجزيئات ، فتبدو المادة ساخنة إذا زادت سرعة جزيئاتها ، وتبدو باردة إذا انخفضت هذه السرعة . وما ينطبق على الغازات ينطبق أيضا على السوائل والأجسام الصلبة ، مع بعض التعقيد ، إذ تظهر في الحالتين الأخيرتين القوى الناشئة عن صغر المسافات التي تفصل بين

(١) $- 273^{\circ}$ م تسمى بالصفر المطلق وهي أبرد درجة حرارة في الوجود . المرجع السابق ص ٦١

الجزيئات . ولكن الأمر المهم ، أن الأساس واحد ، وأن درجة الحرارة في جميع الحالات مظهر للحركة الجزيئية ، وهي مقياس لتوسط طاقة حركة الجزيئات . وهكذا نرى ، أن حركة الجزيئات في المادة هي التي تحدد ، درجة حرارته ، وكما يعمل التزويد بالحرارة على زيادة كل من سرعة الجزيئات والمسافات التي تفصل بينها ، كذلك يعمل سحب الحرارة من المادة ، أى تبريدها ، على خفض سرعة الجزيئات ، وصغر مسافاتهما . فبتبريد الغاز تقل سرعة جزيئاته ، وتصغر المسافات الفاصلة بينها حتى تصل هذه المسافات إلى قيمة تقع في حدود مدى القوى التي تعمل بين الجزيئات وبذلك تقيد الحركة العشوائية ويتحول الغاز إلى سائل ، يتكون له سطح تنشأ فيه قوة تسمى التوتر السطحي *Surface Tension* وتعمل هذه القوة على منع الجزيئات من الإفلات منه ، فلا يفلت منه إلا تلك الجزيئات العالية السرعة فقط ، وإذا وصلنا التبريد استمرت السرعات في الانخفاض ، وازداد قرب الجزيئات بعضها من بعض ، وازداد فعل القوة التي تعمل بينها ، حتى نصل إلى درجة تصبح عندها تلك القوى شديدة كافية لمنع الحركة ، الحرة التجولية ، فتترتب الجزيئات في مصفوفات هندسية منتظمة ، وتصبح المادة في حالة الصلابة . وتقتصر الحركة الجزيئية في هذه الحالة على حركة اهتزازية حول موقع الجزيء في المصفوف الهندسي .

وهكذا ، نرى أن الحركة الجزيئية تنتقل تدريجياً من الفوضى في الحالة الغازية إلى النظام التام في حالة الصلابة ، وأنها الحركة هي التي تحدد حالة المادة ، وشكلها وحجمها ودرجة حرارتها وصفاتها الفيزيائية الأخرى .

النظرية الذرية المعاصرة في مرحلتها الأولى

فكرة عن أعداد الجزيئات في جرام واحد من المادة :

يبقى علينا أن نحصل على فكرة عن حجم الجزيء ، وعدد الجزيئات الموجودة في جرام واحد من المادة مثلاً . ومرة أخرى تلجأ إلى خواص الغازات عسانا أن نجد فيها ما يمكننا من الوصول إلى بغيتنا فلقد توصل ، « ألوجادرو » *Avogadro* عام ١٨١١^(١) إلى افتراض جزيء أرسى به حجر الأساس لما نعرفه الآن بلرسم النظرية الكيميائية للذرات .

(١) أميديو ألوجادرو (١٧٧٦ - ١٨٥٦) فيزيائى إيطالى - ولد في بلدة تورين . كان أستاذاً للفيزياء في جامعتها - أشهر ما جاء به النظرية الكيميائية للذرات وقد نشرها في رسالة عنوانها محاولة تعيين الكتل النسبية الأولية والنسب التي بها تدخل في المركبات الكيميائية . تبعه « كانيزارو » *Cannizzaro* (١٨٢٦ - ١٩١٠) الإيطالى أيضاً برسالة عنوانها الأوزان الذرية والأوزان الجزيئية وضرورة التفرقة بينهما وبذلك تمت الخطوة الأولى في النظرية الذرية الجزيئية .

ولقد جاء فرضه هذا نتيجة لقوانين اتحاد الغازات ، وتغير حجمها مع الضغط ودرجة الحرارة ، وهو ينص على أن الحجم المتساوية من جميع الغازات تحتوى على العدد نفسه من الجزيئات فى درجات الحرارة الواحدة والضغط المتساوية ولقد أكدت التجارب صحة هذا الفرض بل أنه ارتفع إلى مصاف القوانين العلمية لما له من أهمية عظيمة فى تفهمننا لتركيب المادة . لن نخوض فى تفصيلات البراهين على أثبات صحة هذا القانون ، ولكننا سوف نقتصر على توضيحه بطريقة مبسطة .

فالضغط الواقع على جوانب الاناء المملوء بالغاز ينتج عن تصادم جزيئات الغازية ، هذا ، علما بأن الجزيئات ترتد ثابتة عن الجوانب فينشأ عن مجموع هذه الدفعات ضغط على الجوانب . وواضح أن هذا الضغط يتوقف على طاقة الحركة للجزيئات التى تتوقف بدورها على درجة حرارة الغاز . ولما كان متوسط طاقة الحركة لجزيئات جميع الغازات متساوية فى درجة الحرارة نفسها ، فإنه إذا احتوى حجمان متساويين من غازين ، عددين متساويين من الجزيئات - تساوى ضغط كل منهما أيضا عند درجة الحرارة الواحدة ، وهذا هو المعنى الحقيقى لفرض « أفوجادرو » .

ولقد كان فرض « أفوجادرو » من الدعائم الرئيسية التى ارتكز عليها تعيين الأوزان الجزيئية والذرية^(١) وكذلك تركيب الجزيئات المختلفة . ونظراً لصغر الجزيئات ، اختيرت وحدة الأوزان الذرية مساوية $\frac{1}{16}$ من الوزن الذرى للأكسجين ، بحيث يكون الوزن الذرى للأكسجين ، ١٦ تماماً . كما تقاس الأوزان الجزيئية بنفس الوحدة ، فيكون الوزن الجزيئى للأكسجين ٣٢ ، إذ أن جزيء الأكسجين يحتوى على ذرتين . ولنرى الآن كيف يمكن تعيين الأوزان الذرية والجزيئية بالاستعانة بفرض « أفوجادرو » ، ولنأخذ اتحاد الأيدروجين والأكسجين لتكوين الماء كمثال توضيحى لذلك :

فلقد أثبتت التجارب أن الأيدروجين يتحد مع الأكسجين بنسبة ١ : ٨ لتكوين الماء . كما أثبتت التجارب أيضا أن اللتر من الأيدروجين يتحد مع نصف لتر من الأكسجين ليعطى

(١) ما كان يسمى جون دالتن ذرات Atoms نسميه اليوم جزيئات Molecules والأخير يتكون من ذرتين .

أما - الوزن الذرى فهو النسبة بين وزن من العنصر إلى وزن من الأيدروجين - ولا يميز الوزن الذرى لأنه نسبة وليس الاختلاف فى الوزن الذرى هو كل الاختلاف بين عنصر كىماوى وآخر كما ظن جون دالتن - حيث هناك مجموعات من العناصر تتفق فى خواصها الكيميائية وتختلف فى أرقامها الذرية أو اعدادها الذرية Atoms number وكان تفكير دالتن أننا إذا عجزنا عن إيجاد وزن الذرات نحن بماجزيين عن إيجاد النسبة بين أوزانها - أى إيجاد أوزانها النسبية .

لترأ من بخار الماء . علما بأن هذه الحجوم مقيسة تحت ضغط واحد ودرجة حرارة واحدة . وعلى ذلك فطبقاً لفرض « أفوجادرو » ، يحتوى جرام الأيدروجين على ضعف عدد الجزيئات الموجودة في ٨ جرامات من الأكسجين ، أى يتساوى عدد الجزيئات في كل من الجرام من الأيدروجين و ١٦ جراما من الأكسجين ويتضح من ذلك في الحال أن وزن جزيء الأيدروجين $\frac{1}{2}$ من جزيء الأكسجين ووزن جزيء بخار الماء $\frac{9}{8}$ من وزن جزيء الأكسجين ، ولما كان الوزن الجزيئى للأكسجين ٣٢ فإن الوزن الجزيئى للأيدروجين يصبح ٢ ، ولبخار الماء ١٨ . ولما كان حجم بخار الماء الناتج مساويا لحجم الأيدروجين ، فإن عدد جزيئيهما متساوية ، أى يجب أن يتحد جزيء أيدروجين مع نصف جزيء أكسجين . ليتكون جزيء بخار الماء . ولما كانت الذرة هى أصغر وحدة للمادة^(١) يمكن أن تدخل في الاتحاد الكيميائى ، فانه يتضح أن جزيء الأكسجين يتركب من ذرتين ، وأن جزيء الماء يتكون من ذرتى أيدروجين وذرة أكسجين واحدة . ويتضح مما سبق أن الجرامين من الأيدروجين ، ٣٢ جراما من الأكسجين ، ١٨ جراما من بخار الماء تحتوى جميعها على عدد واحد من الجزيئات ، ولعلنا نلاحظ أن هذه الأوزان هى الأوزان الجزيئية للأيدروجين والأكسجين والبخار مقدرة بالجرامات . فنستخلص من ذلك أنه إذا أخذ من هذه الغازات عدد من الجرامات مساوية للوزن الجزيئى لكل منها تساوى عدد الجزيئات في كل منها وتنطبق هذه القاعدة على جميع المواد كلها إذ يحتوى الوزن الجزيئى لأى مادة مقدراً بالجرامات على نفس العدد من الجزيئات بالضبط . وبالمثل تماماً يعرف الوزن الذرى Atomic weight مقدراً بالجرامات : بكمية العنصر الذى يكون وزنه بالجرامات مساويا وزنه الذرى عدديا ، فالوزن الذرى بالجرامات للأيدروجين ، هو جرام واحد ، والوزن الذرى بالجرامات للأكسجين هو ١٦ جراما . وواضح أن الوزن الذرى بالجرام يحتوى دائما العدد نفسه من الذرات أو يحتوى على عدد من الذرات يساوى عدد الجزيئات في الوزن الجزيئى بالجرامات ويسمى هذا العدد الهام « عدد أفوجادرو » وهو يساوى 6.024×10^{23} وهذا يعنى أن الوزن الجزيئى

(١) ميز أفوجادرو بين نوعين من الجسيمات المتناهية في الصغر وهى الجزيء والذرة ، فالجزيء جسيم متناهى في الصغر يمكن أن يوجد منفردا وتظهر فيه خواص المادة ، وهو يتكون من عدد صحيح من الذرات التى قد تكون متشابهة في جزيء العنصر وقد تكون مختلفة في جزيء المركب . والجزيء لا ينقسم بالطرق العادية كالطرق أو التفطيت وإنما خلال التفاعل الكيميائى . أما الذرة فهى أصغر جزء من المادة - لا يوجد على حالة انفراد ولا تظهر فيه خواص المادة ولكنه يشترك في التفاعل الكيميائى .

Treadwell, F. &, Hall, W., **Analytical chemistry**. London 1957 p.180

بالجرامات للمادة (جرامات من الأيدروجين مثلا) يحتوى مايقرب من مليون مليون مليون جزيء .

وبمعرفة هذا العدد أمكن حساب عدد الجزيئات في المليمتر فكانت بضعة ملايين حيث تتفاوت أحجام الجزيئات ، بطبيعة الحال ، طبقا لتركيبها .

الذرات : Atoms

تتركب الجزيئات من ذرات ، وقد تكون هذه الذرات متشابهة أو غير متشابهة ، فجزيئات العناصر تحتوى ذرات متشابهة ، وجزيئات المركبات تحتوى ذرات عناصر مختلفة بأعداد مختلفة وواضح أن الذرة وحدة أصغر من الجزيء ، وإذا تفتت جزيء المركب الكيميائى إلى ذراته ، أفقدَ صفة المادة المكون لها . فإذا تفتت جزيء الماء مثلاً إلى ذرتى أيدروجين وذرة أكسجين ، اختفت صفات الماء كلية ، وأصبحنا أمام ذرات إغازين مختلفين عنه ، هما الأكسجين والأيدروجين . وهنا نجد أنفسنا أمام عدة أسئلة محيرة تحتاج إلى الأجابة عليها ، ماهى الذرات وهل هى وحدات غير قابلة للتفتت^(١)؟ وما الذى يجعلها تتحد لتكون جزيئات وذلك بالتنوع العظيم من المادة ؟ وما الفرق بين ذرة وأخرى ؟ وغير ذلك من الأسئلة العديدة التى سوف نحاول الإجابة عنها فى موضوع مشكلة طبيعية المادة فى الباب الثانى - الفصل الأول من الكتاب .

الذرة والكهربية : Atom & Electricity

بدأت قصة التعرف على خصائص الذرة الطبيعية وتركيبها عام ١٨٠٠ ، حيث استخدمت البطارية الكهربائية التى كانت اخترعت فى ذلك الوقت ، لتحليل الماء إلى مكوناته الأيدروجين والأكسجين وتبع ذلك « همفرى دافى » H. Davy فحلل الأملاح إلى شقيها المعدنى واللامعدنى فى عام ١٨٠٧ . وتبين لنا هذه التجارب أن القوة التى تجمع بين الذرات فى الجزيء قوى كهربية ، إذ أمكن التغلب عليها وتفتت الجزيء بفعل المجال الكهربى ، أضف إلى ذلك أن « فاراداي » Faraday أثبت أن كتلة المواد الناتجة

(١) المكونات الأساسية لأى ذرة فى الوجود هى البروتونات والالكترونات والنيوترونات وجميعها أخرى هذا ما وصل إليه العلماء بعد تفتت الذرة - وتختلف العناصر باختلاف أعداد هذه المكونات

راجع : Hecht, selig; Explaining the atom. New York, Viking press 1947

يلخص الباب الأول بأسلوب مبسط جميع الدلائل على نشأة الذرة والنرية .

باستخدام شدة التيار نفسها في أزمنة متساوية تتناسب مع الأوزان التي تتحد بها هذه المواد في جزيئات المحاليل ، أى أن نسبة الأيدروجين إلى الأكسيجين الناتجين من تحليل الماء تساوى ١ : ٨ وزناً كما أتضح لفاراداي أن الذرات تحمل شحنات كهربية .

اكتشاف الإلكترون : Discovery of Electron

أدت التجارب التي أجريت على مرور الكهربية في محاليل الأملاح إلى النتيجة الهامة سالفة الذكر وهى ذرية الكهربية . وأضافت دراسة مرور الكهربية في الغازات المخلخلة تفصيلات أدق إلى هذه النتيجة إذ أمكن عن طريقها التعرف على وحدة الكهربية ، وعلى أن هذه الوحدة داخلية في تركيب الذرات وأشهر الأمثلة لمرور الكهربية في الغازات هى أنابيب الأعلانات التي تزين الشوارع في المدن بأضوائها المختلفة الألوان والمعروفة باسم (أنابيب النيون) إذ تحتوى هذه الأنابيب غازات مختلفة ، تحت ضغط منخفض ويثبت في طرفيها قطبان معدنيان ، ويتوصل هذين القطبين بمصدر كهربي على الجهد تتأين ذرات الغاز ، أى تنفصل عنها شحنة كهربية سالبة ، وتصبح الذرة موجبة الشحنة وتسمى في هذه الحالة أيونا موجبا ، ويسرى تيار من الذرات المتأينة بين القطبين ، ويتج عن التأين أضواء مختلفة تميز ألوانها الغازات التي تحتويها الأنابيب . وتسمى هذه الظاهرة التفريغ الكهربائي في الغازات^(١).

قام ج. طومسون G. Thomson بالنسبة بين شحنة الأيونات وكتلتها في التفريغ الكهربائي في الغازات المختلفة ولاحظ وجود أيونات كثيرة موجبة الشحنة وسالبتها ، ووجد أن نتائجه تتفق مع النتائج السابق الحصول عليها من تجارب التحليل الكهربي . ولكن الأهم من ذلك أنه وجد جسيمات تحمل الشحنة نفسها ، وتبلغ كتلتها $\frac{1}{1840}$ تقريبا من ذرة الأيدروجين أخف الذرات . أطلق على هذه الجسيمات اسم الإلكترونات Electrons وأوضح أن هذه الإلكترونات كانت داخل الذرات ، ثم أخرجت منها بفعل التفريغ الكهربائي . إذ أن الغاز كان متعادلاً قبل إمرار الكهربية فيه . وهكذا ظهر أول دليل على أن الذرة ليست كائناً بسيطاً ولكنها مركبة . وأول ماعرف من مكوناتها الإلكترون سالب الشحنة ، وهو جسيم خفيف جداً بالنسبة للكتلة الكلية للذرة ، فتبلغ كتلته $\frac{1}{1840}$ من ذرة الأيدروجين

(١) التفريغ الكهربائي للغازات : يمكن تلخيصها في إمرار تيار كهربائي في غاز متأين وعادة تستخدم الغازات الحاملة (نيون ... أرجون - كربتون - زينون) أو الأيدروجين

راجع Nagie, W.F., Source Book in physics. New York, Mc Graw-Hill Book Co., 1935 p.427

وبما أكد هذا الاتجاه في التفكير تطابق جميع الإلكترونات بصرف النظر عن الذرات المنزوعة منها ، أو الطريقة التي نزع بها فيمكن الحصول على حزمة من الإلكترونات بتسخين المعادن لدرجة التوهج ، وتسمى هذه الظاهرة « الانبعاث الحراري » ... Thermic emission وهي الأساس في الصمامات الإلكترونية المستخدمة في أجهزة استقبال الراديو والتلفزيون . وهي التي ترسم الصورة على شاشة التلفزيون .

ولما كانت الذرة متعادلة أصلاً ، فأول ما يتجه إليه التفكير هو أنها تحتوي شحنات موجبة لتتعادل مع شحنات الإلكترونات السالبة . ويجب أن تكون كتلة الذرة مركزة في الجزء الموجب منها إذ ظهر أن الإلكترونات خفيفة جداً ولا يمكن أن تسهم إلا بجزء ضئيل جداً في كتلة الذرة . ولقد تصور ج.ج. طومسون الذرة ككرة من المادة موجبة الشحنة ومرصعة بالإلكترونات . ولكن هذه الصورة لم تكن ذات فائدة في تفسير الظواهر المختلفة التي تبديها الذرات وخاصة انبعاث الأضواء ذات الألوان المختلفة عندما تستثار هذه الذرات في حالة التفريغ الكهربائي خلال الغازات . وظلت الذرة محتفظة بسر تركيبها إلى أن أجرى إثنان من مساعدي « رذرفورد » Rutherford هما « مارسدن وجيجر » Marsden & Geiger تجربة رائدة في عام ١٩١٠ ، تعتبر بحق الشرارة الأولى لثورة التفكير الفيزيائي في القرن العشرين ، كما تعتبر اللبنة الأولى في أساس ذلك الفرع الجديد من الفيزياء المعروف بالفيزياء النووية ... Nuclear Physics

اكتشافات البروتون : Discovery of proton

بعد الجهود التي بذلها (طومسون) وكان لها آثارها في المجال الذري جاء العالم الإنجليزي « رذرفورد »^(١) وصحبه « مارسدن وجيجر » فتولوا موضوع تركيب الذرة ونواتها^(٢) بعناية ودراسة مستفيضة حتى استكشف ما يسمى (بالبروتون في نواتها) ،

(١) أرنست رذرفورد (١٨٧١ - ١٩٣٧) ولد في نيوزيلندة في عام ١٨٧١ وتعلم بكيردج بانجلترا وأجرى بحوثه فيها وفي عام ١٨٩٨ ذهب إلى كندا أستاذاً للفيزياء ، وهناك بدأ بحوثه في النشاط الإشعاعي الذي كونه شهرته - وتابع هذه البحوث بعد ذلك في منشستر ، عين بعد ذلك أستاذاً للفيزياء التجريبية بكيردج وفي عام ١٩١٩ نال ميدالية الجمعية الملكية وجائزة نوبل وانتخب رئيساً للجمعية الملكية من ١٩٢٥ - ١٩٣٠ ومات عام ١٩٣٧ وأشهر أعماله وبحوثه في الذرة تركيبها ..

(٢) النواة : الجزء الأساسي المركزي في الذرة ، وهو الذي تتركز فيه كتلتها أو تكاد ، وله شحنة موجبة ويشغل جزءاً غايه في الصغر من حجمها

Dampier sir william, A History of Science. The macmillan Co., 1946
p.389

وبعد أن استكشف العالم الفرنسي « هنرى بيكريل ومدام كورى » H. Becquerel & madame Curie الأشعاعات الذرية ، بدأ « رذرفورد » تجاربه على أشعة ألفا المنبعثة من المواد المشعة ، ومن تشتت تلك الأشعة عند حواجز رقيقة جداً من المعادن أمكنه استنتاج : أن للذرات التى اعترضت مسار أشعة ألفا نوى تحمل شحنات موجبة التكهرب ، وهنا فكر فى وضع نموذج للذرة سُمى بإسمه .

نموذج رذرفورد لبنية الذرة : Rutherford atom model

وضع « رذرفورد » نموذجاً للذرة يعتبر نقطة الابتداء للآراء الحديثة لتركيب الذرة Structure of A. افترض أنه بدلا من توزيع الشحنة توزيعاً منتظماً على كرة اعتبرها طومسون النواة فإنها تتركز فى منطقة غاية فى الصغر ، قطرها أقل من مليون من السنتيمتر ، وسميت هذه المنطقة فيما بعد « بالنواة » Nucleous حيث تتكون الذرة من نواة موجبة الشحنة تتركز فيها كتلتها ، يحيط بها عدد من الإلكترونات السالبة الشحنة تتحرك بسرعة حول النواة ، وعدد الإلكترونات خارج النواة يساوى عدد الشحنات الموجبة التى تحملها النواة حتى تكون الذرة متعادلة كهربائياً وأن حجم النواة مضافاً إليه حجم الإلكترونات صغيرة جداً بالنسبة لحجم الذرة بمعنى أن معظم الذرة فراغ . وقد وجد الباحثون أن نوى بعض العناصر تحمل شحنة كهربائية مقدارها يساوى نصف الوزن الذرى ، أى نصف النواة يحمل شحنات موجبة ، ونصفها الآخر لا يحمل شحنات ، ما عدا ذرة الأندروجين فنواتها تحمل وحدة كهربائية موجبة . وكان من أهم الصعوبات التى تعترض أى نموذج للذرة هى وجود الألكترون سالب التكهرب بجانب النواة موجبة التكهرب دون انجذابهما ، والتصاقهما وتلاشى شحنتيهما مما يتعذر معه اخراج الألكترون من الذرة ، فلا تستقر الذرة إذا كانت القوى المؤثرة على مكوناتها هى قوى الجذب الكهربائى وحدها .

النظرية الذرية المعاصرة فى مرحلتها الثانية

التركيب الذرى للمادة : Atomic structure of matter

تتابعت النظريات فى تركيب الذرة لعل العلماء يجمعون على تصور مقبول ، لشكل الذرة وتركيبها ، تثبتت المشاهدات وتعززت نتائج التجارب التى عمت الكثير من معامل الفيزياء بالعالم ، وقد كان من الواضح أن الذرة لتعادلها كهربائياً تحمل شحنتين كهربائيتين مختلفتين ، الأولى سالبة وهى شحنة الإلكترونات التى ثبتت عملياً ، ولا شك فى وجودها

بالذرة ، وتبعاً لذلك لابد من وجود شحنة موجبة تساوى في مقدارها شحنة الالكترونات ويحملها الجزء الثانى من الذرة الذى عرف بالنواة وداخلها البروتونات والنيوترونات . Protons & Neutrons

اكتشاف النشاط الاشعاعى الطبيعى :

خلال ثلاث سنوات متتالية في أواخر القرن التاسع عشر قدم العلماء للإنسانية ثلاثة اكتشافات غاية في الأهمية ، ففي عام ١٨٩٥ اكتشف رونتجن ^(١)Roentgen (١٨٤٥ - ١٩٢٣) لأشعة السينية X - rays التى مهدت السبيل للتعرف على ظاهرة النشاط الاشعاعى Radio activity ^(٢) تلك الظاهرة التى اكتشفها هنرى بكريل H. Becquerel الفرنسى في عام ١٨٩٦ ، وثالثها هو اثبات طومسون Thomson وجود الإلكترون خارج حيز الذرة في عام ١٨٩٧ . أجرى هنرى بكريل تجربة قلبت البحوث الذرية رأساً على عقب ، جعلت في الإمكان استخدام الطاقة الذرية ، فبينما كان العلماء في ذلك الوقت مشغولين بالأشعة السينية والجهود المبذولة لدراستها ومعرفه مصدرها ، أعلن بكريل أن الأشعة السينية أو أية أشعة مماثلة ممكن أن تشع من معادن أرضية بعد تعرضها مدة لأشعة الشمس ولاثبات ذلك عرض مواد مختلفة لأشعة الشمس ثم درس تأثيرها على الألواح الفوتوغرافية ، وكم كانت دهشته عندما اكتشف بطريق الصدفة أن بعض المعادن تؤثر على الألواح الفوتوغرافية تأثيرات تشابه تأثير الأشعة السينية عليها ولو أنها لم تعرض لأشعة الشمس ، كما تنفذ في طبقة سميكة من مادة لاتسمح بمرور الضوء ، هذه المواد كانت إحدى مركبات اليورانيوم Uranium Compounds واستنتج أن هناك أشعة نفاذه غير منظورة تشبه الأشعة السينية تنبعث من معدن اليورانيوم ، هذه الظاهرة الجديدة سميت النشاط الاشعاعى . Radio activity تبين أن الخواص الاشعاعية لليورانيوم وغيره من المواد ترجع إلى التغيرات السريعة داخل تركيب الذرة ، وكل المحاولات التى بلدت لايقاف تلك التغيرات بالطرق الطبيعية المعروفة كتأثير الحرارة والبرودة والتفاعلات الكيميائية لم تنجح ، ولم تحد من قوة نشاطها الاشعاعى ، وكما نعرف لايتعدى تأثير تلك

(١) كونراد فون رونتجن الفيزيائى الألماني مكتشف الأشعة السينية ، تقلب في عدة مناصب للأستاذية

في ألمانيا ، ونال ، ميدالية الجمعية الملكية بلندن عام ١٨٩٦ وجائزة نوبل عام ١٩٠١

(٢) تعرف ظاهرة النشاط الاشعاعى بأنها عملية التحول التلقائى للأنوية غير الثابتة أو النشطة أو المشعة - لعنصر ما إلى أنوية ذرة عنصر آخر عن طريق انبعاث نوع معين من الأشعاع .

راجع : Bragg, sir William, Concerning the nature of things G. Bell

Sons 1925 p.203

المحاولات سحب الإلكترونات الخارجية التي تحيط بالنواة ، ولذلك استنتج على الفور - أن النشاط الإشعاعي لا بد وأنه تغيرات سريعة غاية في السرعة في مركز الذرة وتستمر هكذا حتى تنتهي المادة المشعة ، وتتحول إلى أخرى خاملة . وعلى ضوء هذه الحقائق تابعت ماري وبيرى كورى بحوثهما جريا وراء استكشاف مواد مشعة جديدة . ولا يقل ما قام به آل كورى أهمية عن اكتشاف أى جزء من مكونات الذرة ، فقد ابتدأ بيرى كورى بخمسة أطنان من خامة البتسبلند Betchblende وهى من المواد الخام الغنية بالرادىوم والبولونيوم Radium & Polonium ، وحصل على كمية ضئيلة من مادة الرادىوم الباحثين عنها ، وهى أقوى العناصر المعروفة بشدة النشاط الإشعاعي .

طبيعة الأشعاعات النووية

تنشأ الأشعاعات الذرية^(١) من اضطرابات نواة ذرة المادة المشعة فتنبعث من النواة ثلاثة أنواع أشعة هى :

(أ) أشعة ألفا : Alpha rays

وهى عبارة عن جسيمات تحتوى كل منها على بروتونين ونيوترونين وتحمل شحنة كهربائية موجبة قدرها ضعف شحنة البرتون الموجبة ، وبانبعائها من النواة تتحول النواة إلى نواة ذرة أخرى أقل منها فى العدد الذرى .

(ب) أشعة بيتا : Beta rays

وهى عبارة عن الكثرونات تكونت بالنواة نتيجة لتحلل النيوترون إلى بروتون وإلكترون ، فيبقى البروتون بالنواة ويحولها إلى نواة ذرة أخرى أكبر منها فى العدد الذرى ويتطابق الإلكترون ويسمى أشعة بيتا ، ولذلك فهى سالبة التكهرب ولا تختلف عن أشعة المهبط (Cathode rays) سوى أنها ذات طاقة عالية .

(١) يرمز إلى أنواع الاشعاع برموز الأحرف اليونانية α β γ الأولى والثانية أشعة جسيمية لها القدرة على الاختراق والتأثير فى الألواح الفوتوغرافية الحساسة والتأثير فى المجالات الكهربائية والمغناطيسية . والأخيرة مثل أشعة الضوء إلا أنها لها القدرة على اختراق الألواح المعدنية والأجسام الحية .

(ج) أشعة جاما : Gamma rays

وهي أشعة كهرومغناطيسية كالضوء والأشعة السينية وتصاحب أشعة ألفا أو بيتا إذا لم يتحقق للنواة الاستقرار . طول موجتها أقصر من طول موجة الضوء العادي لا تؤثر في الألواح الحساسة ولا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية .

التفكك الإشعاعي : Radioactivity decay

في سنة ١٩٠٢ عزز رذرفورد النظرية القائلة بأن النشاط الإشعاعي يتسبب عن تعظيم الذرات ، وكان ذلك نتيجة بحوث أجريت على طبيعة الأشعاع المنبعث من المواد المشعة ففي حالة الراديوم ، وجد أن جسيمات ألفا تنبعث منه ، وهذه الجسيمات مشابهة تماما لنواة ذرة الهليوم ، إذ تتحطم ذرات الراديوم واحدة تلو الأخرى مشعة من داخلها جسيمات ألفا ، وكذلك ينبعث جزء من طاقة الراديوم المشع على هيئة أشعة جاما التي قلنا أنها أشعة كهرومغناطيسية كالضوء ولكنها أقوى منه بكثير . وذرات الراديوم المتحطمة لا تحتفظ بخاصية عنصر الراديوم بل تتحول إلى مادة أخرى جديدة هي غاز الرادون^(١) .

لقد بدأ التحول من عنصر الراديوم إلى غاز الرادون غريبا في بادئ الأمر ، فعندما تنفصل نواة الهليوم التي تتكون من بروتونين ونيوترونين من ذرة الراديوم تفقد الأخيرة شحنتين موجبتين فيترتب على هذا أن تفقد الكترونين ، لتحفظ بتعادلهما الكهربائي . ولما كان العدد الذري للراديوم ٨٨ فإن الذرة الجديدة تكون ذات عدد ذري ٨٦ أي يحيط بها ٨٦ إلكترونات وبالرجوع إلى جدول العناصر لمندليف نجد أن الذرة الجديدة ذرة « غاز الرادون » . «Radon gas»

من ذلك نجد أن لدينا عنصر يتحول إلى عنصر آخر من تلقاء نفسه ، ولذا يفسر النشاط الإشعاعي بأنه عملية تحول عنصر إلى آخر ينطلق أثناءها من داخل النواة جسيمات متناهية في الصغر وبسرعة فائقة . وبعد فترات زمنية معينة ستتحول هذه المواد ذات النشاط الإشعاعي إلى رصاص وهو آخر مراحلها الحاملة . كذلك إذا تحطمت ذرة غاز الرادون فإنه ينطلق منها جسيمات ألفا بسرعة تزيد على ٣٦ مليون ميل / ساعة وتكون طاقة حركتها غاية في الكبر ، وكل ذرة واحدة تتحطم ينتج عنها طاقة على هذا النمط أكبر من أية طاقة ناتجة من المفرقات الكيميائية . فمقدار الطاقة الذرية الممكن الحصول عليها على هيئة جسيمات ألفا السريعة المنبعثة من جرام واحد من غاز الرادون تصل إلى ٨٠٠,٠٠٠ كيلوات ساعة والوقت الذي تأخذه أية كمية من الراديوم ليتحول نصفها

Hecht, S., Explaining the atom. viking press 1947 p.127

(١)

فقط إلى رادون هو ١٦٠٠ سنة وبعد ١٦٠٠ سنة أخرى يتحول نصف الباقي (أى ربع الكمية الأولى) وهكذا . أما ذرات اليورانيوم التى تشبه الراديوم فى اشعاعها لجسيمات ألفا فإنها تتلاشى بمعدل أقل ، ويتحول نصف أية كمية منه فى ٤٥٠٠ مليون سنة ، وبجانب هذا توجد مواد مشعة أخرى تتلاشى سريعا فى جزء من مليون من الثانية وهذه المواد غير المستقرة لايمكن أن تبقى طويلا ولا توجد منفردة بل مع المادة طويلة العمر التى أوجدتها . أما ذرات اليورانيوم التى تشع اشعاعات ذرية كالراديوم فإنه عند تحطمها تتكون مادة أخرى^(١)، وهذه تتحطم أيضا مكونة مادة مشعة ثالثة وهكذا تستمر عملية التحطيم وخلق مواد جديدة لانقل عن ١٣ مادة مشعة حتى تصل إلى حالة استقرار - ويكون الرصاص هو المادة النهائية المستقرة . ولما كان الوزن الذرى لنواة اليورانيوم ٢٣٨ فإنه عندما تشع جسيمات ألفا ذات الوزن الذرى ٤ تتحول إلى ذرة وزنها الذرى ٢٣٤ ، وكلما حصل تغير حصل نقص فى الوزن الذرى الجديد فاليورانيوم ينتهى برصاص يسمى رصاص اليورانيوم وزنه الذرى ٢٠٦ ، والأكتينيوم ينتهى برصاص يسمى رصاص الأكتينيوم وزنه الذرى ٢٠٧ ، والثوريوم ينتهى برصاص الثوريوم وزنه الذرى ٢٠٨ وكل التأثيرات الكيميائية لهذه الأنواع من الرصاص واحدة فهى تتحد فى العدد الذرى وتختلف فى الوزن الذرى ولذا فهى تسمى نظائر . Isotopes

نصف العمر أو حياة النصف : Half life

تنبعث جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما من ذرات العناصر المشعة بحساب دقيق فهى تنطلق وفق معدلات منتظمة ونسبة ثابتة بحيث يمكن حساب حجمها والتنبؤ بتناقص مقدارها وعمرها . فلكل مادة عمر زمنى معروف ، ويسمى الزمن الذى ينقضى لتصل المادة المشعة إلى نصف كميتها بنصف العمر أو حياة النصف ، فمثلا :

نصف عمر الكربون المشع ٥٧٠٠ عاما ، الفوسفور المشع ١٤,٣ يوما ، واليود المشع ٨ أيام والراديوم ١٦٠٠ سنة واليورانيوم ٤٥٠٠ مليون سنة - وهناك من المواد (١) إن تحول أنوية العناصر إلى أنوية عناصر أخرى بواسطة انبعاث هذه الاشعاعات الثلاث إنما يجرى ذلك طبقا لقانون بقاء المادة والشحنة - أى أن ظاهرة الاشعاع أو التحول الاشعاعى لا يحدث معها أى فقد للوزن الذرى أو العدد الذرى ككل - أى أن مجموع الأوزان الذرية والأرقام الذرية لكل من المادة الجديدة والأشعة المنبعثة يساوى تماما فى مجموعه الوزن والرقم الذرى للنواة المشعة . ويطلق على النواة المشعة الأصلية النواة الأم Mother nucleous بينما تسمى النواة الجديدة بإسم النواة الابنة Daughternucleous .

Smyth, H., Atomic energy for military purpose. princeton univ. Press., 1945 p.309

المشعة ماهو قصير العمر ، فمنها ما عمره ثوان ومنها ما عمره دقائق ومنها ما عمره ساعات^(١).

امتصاص الأشعاعات الذرية وأجهزة قياسها :

تفاوتت درجة نفاذ الأشعة وقوة اختراقها للأجسام والمواد من اشعاع إلى آخر ، فأشعة ألفا تمتصها ألواح رقيقة من الألومنيوم وأشعة بيتا تمتصها ألواح من ألومنيوم سمكها بضعة ملليمترات ، أما أشعة جاما وهي شديدة النفاذ وتحمل أكبر الأخطار فيمتص معظمها ألواح من الرصاص سمكها بضعة سنتيمترات ، والمواد المشعة مصدر خطر كبير على الانسان والحيوان والنبات إذا لم تتخذ الطرق المأمونة للوقاية من اشعاعاتها ، ولو زادت كمية الأشعاع التي تقع على الأجسام الحية من مصدر مشع من حد معلوم معروف متفق عليه دوليا ، فلنبا تلحق أضرار بالغة بالأعضاء المختلفة التي تتعرض لها فتسبب الحروق والأمراض السرطانية ، وفي حالات التعرض الشديد تؤدي إلى الوفاة في وقت وجيز . لذا كان ولا بد من قياس الأشعاعات الذرية لتوق أخطارها . [فإختراع العلماء أجهزة لقياسها لمعرفة مقدارها . وقد اخترع العالم جيجر جهازا يسمى عداد جيجر Geiger counter تقاس به كميات المواد المشعة مهما تضاءلت ، ونظرية هذا الجهاز هي تحويل طاقة الأشعاعات الذرية إلى طاقة كهربائية على هيئة نبضة كهربائية يمكن تسجيلها ، وهناك عداد آخر يسمى العداد الوميضي ، ونظريته هي تحويل طاقة الأشعاعات الذرية إلى طاقة ضوئية تؤثر على مهبط خلية ضوئية فتخرج منه إلكترونات تنجذب بسرعة نحو مصعد الخلية محدثة تياراً كهربائيا على هيئة كهربائية يمكن تسجيلها وبالتالي يمكن عدّ الأشعة والجسيمات المنبعثة .

مواد النشاط الأشعاعي الصناعي : Industrial radioactivity elements

وتسمى تلك المواد بالنظائر المشعة وهي تنتج من عناصرها المستقرة ، فالعناصر المتحدة في العدد الذري Atomic number والمختلفة في الوزن الذري Atomic weight تسمى بالنظائر - فمثلا في حالة نظائر الأكسجين نجد أن ذرة الأكسجين العادي عددها الذري ٨ ووزنها الذري ١٦ إذ تحتوي على ٨ بروتونات ، وهناك ذرة أكسجين أخرى تحتوي على بروتونات ٩ ونيوترونات (أى الوزن الذري = ١٧) وهذه لها كل الخصائص الكيميائية التي للذرة الأكسجين العادي وكذلك توجد ذرة أكسجين ثالثة وزنها الذري

١٨ . وكل العناصر وعددها يبلغ المائة وثلاث لها أكثر من ١٢٠٠ من النظائر ، ومن النظائر ، ماتبعث بإشعاعات ذرية كالراديوم وغيره من المواد المشعة وتسمى بالنظائر المشعة . كان جوليو وأيرين كوري^(١) هما أول من حول العناصر الثابتة إلى نظائرها المشعة ومن ثم أطلق على تلك الظاهرة النشاط الإشعاعي الصناعي Industrial radioactivity . ومنذ هذا الاكتشافات وعدد النظائر المشعة يتزايد يوما بعد يوم حتى تجاوز الألف بكثير . وتنتج النظائر المشعة في الأفران الذرية بقذف نواة العنصر بسيل من النيوترونات المتولدة بالفرن الذري . فيدخل أحد هذه النيوترونات إلى النواة ويستقر بها فيزيد وزنها الذري مع الاحتفاظ بخواصها ، ووجود النيوترون بالنواة يجعلها في حالة اضطراب ولاهدأ إلا إذا بعثت بإشعاعات ذرية يمكن الاستفادة بها . كما أن إحدى هذه التحويلات هي أن يتحول العنصر إلى نظيره المشع ، فيتحول مثلا الكربون إلى كربون ١٤ المشع والفسفور إلى « فوسفور - ٣٢ المشع » ، ثم يفقد كربون ١٤ أشعة بيتا متحولا إلى نيتروجين ، ويفقد فوسفور ٣٢ أشعة بيتا متحولا إلى كبريت . وهناك حالة أخرى من التحول عند القذف بسيل من النيوترونات وهي أن يتحول العنصر إلى عنصر آخر ولايتحول إلى نظير له كما في حالة النيتروجين فيتحول النيتروجين إلى كربون ١٤ والكبريت إلى فوسفور ٣٢ ، ثم يفقد كربون ١٤ ، فوسفور ٣٢ إشعاعاتهما على النحو السابق .

الصعوبات تصادف نموذج رذرفورد للذرة :

ظهرت النواة كوحدة أدق في تركيب المادة عندما استخدم رذرفورد وصحبه جسيمات ألفا صوب غشاء رقيق جدا من الذهب كما سبق أن ذكرنا ، ولما أراد رذرفورد استكمال الصورة التي تخيلها للذرة ، فحاول ترتيب الإلكترونات حول النواة . وبدا الأمر سهلا واضحا في البداية ، فالإلكترون سالب الشحنة والنواة موجبة ، فلا بد إذن من وجود قوة جذب كهربى تعمل بينهما على غرار قوة الجذب الثقالية التي تعمل بين الشمس والكواكب . وهكذا نجد شبيها كبيرا بين الشمس وكواكبها وبين النواة والإلكتروناتها ، فطبيعة القوى التي تعمل في المجموعتين واحدة . وعلى ذلك فيجب أن تكون المجموعتان متشابهتين في السلوك . ويجب أن نجد في الذرة مجموعة شمسية دقيقة تدور فيها الكواكب (الإلكترونات) حول شمسها النواة ، بالكيفية نفسها تماما التي تدور بها الأرض والكواكب الأخرى حول الشمس .

ولكن الشبه بين المجموعة الشمسية والذرة ليس كاملا . فالإلكترونات المجموعة الذرية

Curie, Eve, Madame Curie. Doubleday 1937

(١)

في هذا الكتاب تقص ابنة مدام كوري مكتشفة الراديوم تاريخ النشاط الإشعاعي .

تعمل شحنات كهربية ولقد بين ماكسويل أن الشحنات الكهربية المتحركة بعجلة تشع موجات كهرومغناطيسية . وهذه الموجات تحمل طاقة ، وطبقا لقانون بقاء الطاقة ، يجب أن يسبب إشعاع الموجات الكهرومغناطيسية نقصا في طاقة الحركة للالكترون . ولما كان اتساع المدار يتوقف على طاقة الحركة للكوكب ، فيزداد بازديادها ، ويقل بانخفاضها ، فاننا نتوقع أن يكون مدار الالكترون في الذرة مختلفا عن مدار الكوكب حول الشمس . فهذا الأخير ثابت ما لم يصطدم الكوكب بنجم سماوى يزنيه عن مساره ، أما المدار الالكتروني فيجب أن يتناقص تدريجياً^(١)، نتيجة للإشعاع الصادر عن الالكترون المتحرك ، ويكون هذا المدار أشبه بحلزوني ينتهى في نهاية الأمر إلى النواة . وطبقا لهذه الصورة نتوقع أن تبعث الذرة بموجات كهرومغناطيسية بجميع الترددات الممكنة ، وألا تختلف إشعاعات ذرة عن الأخرى . وأن لكل ذرة إشعاعاتها (أضواءها) ذات الترددات المميزة لها . وعلى ذلك فهذه الصورة لا تمثل الواقع اطلاقا إذ أنها لاتحدد ترددات معينة لكل ذرة كما أنها تحتم انبعاث الضوء (الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic waves) من الذرات طالما كان هناك إلكترونات تدور حولها ، وهذا لانراه في الواقع فلا ينبعث الضوء من المادة غازية كانت أو صلبة الا عندما تزود بالطاقة ، بأن تسخر مثلا إلى درجة حرارة عالية ، أو يمرر فيها تفريغ كهربي Gas discharge . يؤدي هذا النموذج إلى انهيار الذرة في نهاية الأمر ، إذ يدور الألكترون في مساره الحلزوني وينتهى به المطاف إلى النواة فيسقط فيها وبذلك تنهار الذرة . ولا سبيل إلى ارجاعها إلى ما كانت عليه .

كان هذا هو الموقف حتى عام ١٩١٣ ، حقيقة أننا توصلنا إلى نموذج ذرى مقبول شكلا ، ولكن ما الذى يجعل الذرة مستقرة لاتبعث بإشعاعاتها طالما كانت بعيدة عن الاستثارة (تزويدها بالطاقة) وما الذى يجعلها تبعث بالترددات نفسها كلما استثارت مهما تكن الطريقة التى تستثار بها ؟ وما الذى يحفظ للذرة كيائها ويرشد الالكترونات إلى مدارها السابقة بعد كل عملية تدخل فيها الذرة ؟ فذرة الايدروجين تحتفظ بكيائها بعد خروجها من جزيء الماء ، أى لا يؤثر اتحادها مع الأكسجين أو التحلل منه على شكلها وسلوكها ، وكذلك إذا استثارت لتبعث بضوئها المميز فإنها تعود بعد ذلك إلى ما كانت عليه وهذا يخالف للحركة المدارية ، فإذا أزعج الكوكب من مداره إلى مدار آخر ظل في هذا المدار الجديد إلى أن يتعرض لواقعة جديدة تغير مداره إلى مدار آخر مختلف عن مداريه

(١) بتطبيق نموذج رذرفورد على حركة الالكترون ، فان مداره يصغر تدريجيا حتى يلتصق بالنواة وتلاشى الشحنة الكهربائية في الذرة وهذا خلاف الواقع . ولا يمكن تفسير الحالة التى توجد عليها الذرة إلا بفرض أنه يمكن للالكترون أن يدور في مدار معين دون أن يفقد جزءا من طاقته .
راجع د . اسماعيل سبوي هزاع « قصة الذرة » المكتبة الثقافية ١٩٦٢ ص ٧٨

السابقين . لاهد إذن من البحث عن نموذج جديد يفسر الحقائق المشاهدة ويجب عن هذه الأسئلة .

أن الباحث في طبيعة المادة وتركيب الذرة يحاول تلمس الأدلة في كل النتائج التي يتوصل غيره من العلماء في كل مكان . وكلما تجمع لديه عدد من الأدلة المقرونة بالنتائج خلا إلى نفسه يضع الواحد منها إلى جانب الآخر محاولاً أن يستشف منها نظرية تؤدي إلى الحقيقة كاملة . وفي أغلب الأحيان لا يصل إلى تلك الحقيقة من أول مرة ، بل يظهر له عدد من الاحتمالات فيسمى ثانية إلى جمع الأدلة التي ترجح أحد الاحتمالات . ويظل يفكر في النظرية المعقولة ، ويضع الخطط للحصول على الأدلة القاطعة إلى أن يصل في النهاية إلى الحقيقة كاملة أو شبه كاملة . مالم تكن هناك قوى خفية تعمل على تضليله بمهارة وحذق . وينطبق ذلك تماماً على رجال العلم في بحثهم لمعرفة سر تركيب المادة . فجمعوا الأدلة الواحد تلو الآخر ، وتبين لهم أن الذرة تركيب معقد لا بسيط ، يحتوي الإلكترونات وجزءاً ثقيلاً موجب الشحنة . ثم جاءهم الدليل على أن هذا الجزء الثقيل يكون مركز الذرة وتحيط به الإلكترونات فعكفوا على وضع نظرية لتركيب الذرة أقاموا أسسها على معلوماتهم السابقة ، فلاح لهم فكرة المجموعة الشمسية الذرية . ولكن ظهرت أمامهم صعوبات جديدة ، إذ أن طبيعة الإلكترونات كما عرفوها تجعلها تشع في أثناء دورانها ، فتضييق مداراتها وينهار التركيب الذي تصوره .

وهنا نجد أنهم ينطلقون مرة أخرى يبحثون عن أدلة أخرى يبحثون عن دليل يمكنهم به التوفيق بين الصورة التي تخيلوها والحقائق المعروفة . فطبقاً للميكانيكا الكلاسيكية التي أصبحت في ذلك الوقت أساس جميع الحركات المعروفة يجب أن تسير الإلكترونات في مدارات حول النواة ، فهل يوجد شيء ما لا يعرفه يمنع صدور الإشعاع عن الإلكترون المتحرك ويجعل هذا الإلكترون يسير في مدار ثابت ؟

مولد نظرية الكوانتم : Birth of quantum theory

إن موضوع انبعاث الإشعاع Emission of radiation من الجوامد الساخنة هو الذي أدى إلى مولد ونمو نظرية الكوانتم . كانت النظريات القديمة عن الإشعاع Radiation من الجوامد الساخنة تستند على الفرض بأن الذرات والجزيئات تتذبذب Oscillate في الجوامد في نطاق متصل فتنبعث فيها أمواج ضوئية مثلما تنبعث الأمواج الصوتية من عدد ضخم من الأوتار المتذبذبة المختلفة الأنغام . من المعلومات العامة المعروفة قبل ذلك لجميع الفيزيائيين . أن الأجسام المعدنية كالأسلاك عندما تسخن تتوهج وتبعث إشعاعاً أحمر ثم

إذا ارتفعت درجة الحرارة بعد ذلك فإن لون السلك يتغير إلى اللون البرتقالي ثم إلى اللون الأصفر ثم إلى الأبيض - وقد بذلت محاولات عديدة لتفسير هذه الظاهرة إلا أنها باءت جميعاً بالفشل ، وقد حاول العلماء استنباط قانون يبين العلاقة بين الطاقة المشعة من الجسم الساخن ومن طول الموجة ودرجة الحرارة وقد فشلت أيضاً جميع المحاولات^(١).

يقول لنا العلم الطبيعي أن القائمة المعروفة للأشعة الضوئية ، الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والبنفسجي .. يمكن تحديدها إلى أرقام كمية ، فكل هذه الأشعة عبارة عن موجات تختلف في أطوالها وذبذباتها . كل لون له موجة طولها كذا وذبذبتها كذا . وكذلك كل صنف الإشعاع . الأشعة السينية . أشعة الراديو .. الأشعة الكونية .. كلها أمواج يمكن أن تقاس .

في عام ١٩٠٠ بدأ « ماكس بلانك » Max Plank من تلك الحقيقة البسيطة المعروفة - احمرار القضيب المعدني ثم تحوله إلى اللون البرتقالي فالأصفر فالأبيض المتوهج ، إذن هناك علاقة رياضية بين الطاقة التي يشعها المعدن الساخن وطول أو ذبذبة الموجة الضوئية التي تنبعث منه .

افترض بلانك في بادئ الأمر أن الذرات أو الجزيئات المعدنية لاتشع إشعاعاً متصلاً ، بل تشع إشعاعاً متقطعاً^(٢) يخرج في نبضات منفصلة ، ثم يمكننا بعد ذلك رياضياً أن نسمح لحجم هذه النبضات المنفصلة أن يصغر شيئاً فشيئاً حتى تلحم ويبدو تدفق الطاقة مستمراً . والوضع هنا مماثل لعين الإنسان التي لاتستطيع تسجيل الظواهر التي تراها بصورة منفصلة إذا ما كانت تتابع الواحدة بعد الأخرى بسرعة كبيرة ، فالسينما تعتمد على الديمومة Duration لدى عين الإنسان فتبدو الحركة على الشاشة بالنسبة للمشاهد كأنها مستمرة .

وهذا ما ينطبق على الضوء ، فنبضات الطاقة المنبعثة من مصدر الضوء تتابع الواحدة بعد الأخرى بسرعة تفوق كثيراً سرعة تتابع الصورة في الفيلم السينمائي ولهذا السبب فإن ردود أفعال العين لكل نبضة تتوحد في الإنطباع الضوئي المستمر . كانت نتيجة هذه

(١) Darrow k.k., Introduction to contemporary physics New York, D.Van Nostromd Co., 1926 p.121

وأيضاً & Eddington, sir arthur, The nature of the physical World.

(٢) Hoffman, B., The strange story of the quantum. New York, harper Brothrs 1947 p.17

العملية الرياضية مذهلة ، فقد وجد بلانك أنه إذا أجرينا الحسابات إلى نهايتها بالكيفية المذكورة فلن تكون النتيجة أفضل حظاً من نتائج النظريات السابقة . إلا أنه لاحظ في حالة استبقاء فكرة النبضات الإشعاعية المتقطعة وبافتراض أن لكل منها مقدراً من الطاقة يتناسب مع تردد الأشعاع ، فالنتيجة التي يتوصل إليها تكون سليمة وتتفق تماماً مع التجريب .

استخلص من ذلك أن الذرات لا تشع اشعاعاً متصلاً - بل يحدث الأشعاع في دفعات أو نبضات لكل منها طاقة محددة وقد أطلق بلانك على نبضة الطاقة المتقطعة لفظة كوانم Quantum وجمعها Quanta أو كمات . وهو اصطلاح يقصد به كمية محدودة من أى شيء وفي العادة أى شيء لا يقبل التجزئة . وعلى هذا الاعتبار فشحنة الالكترون تمثل كوانم من الكهرباء .

استطاع بلانك التوصل إلى إيجاد العلاقة الحسابية بين الطاقة التي يشعها المعدن الساخن وطول أو ذبذبة الموجة الضوئية التي تنبعث منه - فوجد أن الطاقة المشعة مقسومة على الذبذبة تساوى دائماً كم ثابت ، هذا الكم الثابت أسماه ثابت بلانك^(١) والمعادلة هي الطاقة = $h \times \nu$ وقد افترض أن الطاقة المشعة تنبعث في كميات متتابعة في دفعات أو حزم أو نبضات أو جسيمات من الطاقة أطلق عليها « فوتونات » Photons حيث h مقدار ثابت (Constant) و ν هي ذبذبة الاشعاع وقد وجد أن ثابت بلانك مقدار صغير جداً يبلغ نحو 6.625×10^{-27} . ارج/ ثانية واتضح فيما بعد أنه أهم المقادير الأساسية في الكون - ففي أى عملية إشعاع نجد أن مقدار الطاقة المنبعثة مقسوماً على الذبذبة يعطينا مقداراً ثابتاً هو ثابت بلانك وهذا الثابت لا يمكن تفسير مقداره ، كما لم يمكن تفسير سرعة الضوء - فهو كغيره من الثوابت الكونية عبارة عن حقيقة حقيقية رياضية لا يمكن تفسيرها ،

لم يفت بلانك أن يشرح لنا أن أشعة الشمس نفسها كمثل أى أشعة أخرى صادرة من مصدر مشع من دفعات من الطاقة صغيرة وأن السبب في أن الضوء والحرارة يظهران لنا كالمو كانا سيلاً مستمراً ، السبب صغر هذه الكميات من الطاقة بحيث أن احساسنا لا يستطيع إدراكها وأن هذه الكميات الصغيرة من الطاقة ليست متساوية ولكنها تختلف باختلاف

(١) الثابت Constant يقاس بالارج Erg ، والأرج هو وحدة الطاقة وتعريفه هو الشغل المبذول لتحريك كتلة مقدارها مليون جرام من المادة مسافة قدرها ١ سم ضد الجاذبية الأرضية . يعتبر هوفمان ثابت بلانك رمزاً فخار لعلم الطبيعة المعاصر .

طول الموجة المشعة فكميات الطاقة المنبعثة من الضوء الأحمر أصغر من المنبعثة من الضوء الأزرق أو البنفسجي والكميات المنبعثة من الضوء الأزرق أصغر من المنبعثة من الأشعة السينية (X-rays) وكان قد تبين لبلانك أن الجسم الأسود مثالي في امتصاص وإشعاع الطاقة *Ideal in absorption and radiation of energy ...* وان كان لا يشع الطاقة بصورة واحدة لجميع الموجات الممتصة ، فافترض بلانك أن الجسم الأسود يتكون من جسيمات متذبذبة وأن لكل جسيم متذبذب كمياً من الطاقة يتوقف على درجة تذبذب الجسيم المشع .

كان من الطبيعي أن يقبل رأى بلانك عن الكوانتم بحذر وتحفظ ، فقد كانت نتائج ثورية ، فهو ينادى بأن الضوء يتشع في مقادير متقطعة ، مما يحمل على القول بأن الضوء ينتقل خلال الفضاء في كمات متقطعة^(١) . ويتبع ذلك ، أن الضوء وفقاً لمبدأ الكوانتم ، ليس تدفقاً مستمراً من الطاقة بل أن له تركيباً جسيمياً فكأننا قد جعلنا للضوء طابعاً جسيمياً ، ولو أن هذه الجسيمات لا تملك كتلة فيما يظهر وكأننا قد وضعنا الأمواج الكهرومغناطيسية في فصيلة خاصة . إذ ليس ثمة دليل على أن الأنواع المألوفة من الأمواج Waves كالأمواج الصوتية والأمواج المائية ، تمتلك هذه الخاصية الجسيمية . إفوتر البيانو يرسل أمواجاً مستمرة غير متقطعة ، طالما كان يتذبذب ، وتؤلف هذه الأمواج قطاراً متصلاً خلال سيرها في الهواء ، أما كوانتم الضوء فتؤلف قطاراً محدوداً من الذبذبات . والواقع يحق لنا أن نختار في المعنى المقصود بكلمة « موجة » ضوئية إذا كانت مؤلفة من نبضة غير متصلة من الأمواج .

ومن ثم بين بلانك خطأ النظرية التي كانت سائدة منذ أيام هيجنز ، والقائلة بأن الإشعاع إنما هو موجات في الأثير وأظهر عجز هذه النظرية عن تفسير كيفية انتشار الإشعاع كما أنها أصبحت عاجزة عن تفسير الخصائص الأساسية للإشعاع ذاتها وأصر بلانك على أن الإشعاع إنما هو من طبيعة جسيمية لا موجية شارحاً أن جسيمات الإشعاع تنتقل عبر الخلاء في خطوط مستقيمة . وعند إمراره لإشعاعاً في غاز ما - فإن عدداً قليلاً من جزيئات هذا الغاز تتأين (تتبخر) بينما لا يتأثر عدد كبير من الجزيئات بمزور الإشعاع فإذا كان الإشعاع مؤلفاً من موجات تسير عبر الأثير لتأينت (لتبخرت) كل جزيئات الغاز ، ولذا كان تأييد بلانك لنظرية نيوتن الجسيمية في الضوء وإن كان هذا التأييد

Jordan, p., physics of the 20 th century. philosophical library 1944 (١)
p.104

يعالج الباب الرابع طبيعة نظرية الكوانتم .

لا يعنى أن بلانك متفق مع نيوتن تمام الإتفاق فى نظريته الميكانيكية - نظرية بلانك ثورة على كثير من تصورات نيوتن فقوانين نيوتن عن الحركة صالحة للاستخدام فى مجال الحياة العادية ، ولكنها لاتصلح لمجال الجسيمات النووية كما لاتصلح لدراسة حركة الكواكب والنجوم الفلكية .

هناك ناحية أخرى فى فرض بلانك ، فالنظرية تقضى بأن الذرة لاتستطيع أن تشع أى كمية تصلها من الطاقة ، بل عليها أن تنتظر حتى تتكامل لديها كمية معينة فتشعها ولاتشع سواها . ولذا فإن فرض بلانك من شأنه أن يوحى بأن مكونات الذرة مقيدة فى تحركاتها بقواعد كمية^(١)، إذ أن تغيرات الطاقة المسموح بها هى التغيرات المتقطعة المنفصلة فحسب .

ويفسر أينشتين هذه الالكترونات بأن الضوء لايسقط على اللوح المعدنى فى سيال متصل وإنما فى دفعات من الطاقة .. « فوتونات » وتصطدم هذه الفوتونات بالالكترونات فى اللوح المعدنى كما تصطدم العصا بكرات البلياردو فتطلقها حرة .

ولذا قرر أينشتين أن هذه الظواهر لايمكن تفسيرها الا بافتراض أن الضوء مكون من حزم ضوئية منفصلة عبارة عن جسيمات (حبيبات) من الطاقة أسمها « فوتونات » Photons .

«All light is compsed of individual particles or grains of energy Which called photons»

وأن فوتونات الأشعة البنفسجية والأشعة فوق البنفسجية بل وكل الموجات عالية التردد تحتزن طاقة أكثر مما تحتزنه فوتونات الأشعة الحمراء أو دون الحمراء .

استطاع أينشتين أن يربط هذه العلاقات فى سلسلة من المعادلات الرياضية والتي سميت بمعادلات اينشتين فى ظاهرة الانبعاث الكهروضوئى. بهذه المبادئ الجديدة التى أوجدها اينشتين نتجت مشكلة من أعظم المشاكل الفيزيائية - أن المادة مكونة من ذرات - كل ذرة مكونة من جسيمات صغيرة جدا عرفت بالالكترونات والنيوترونات والبروتونات - ولكن افتراض اينشتين أن الضوء مكون من جسيمات أو فوتونات منفصلة لا فى أمواج متصلة هذا الافتراض اصطدم مع نظرية ظلت زمنا طويلا سائدة هى النظرية الموجية للضوء . حقيقة أن كثير من الظواهر الضوئية لايمكن تفسيرها إلا على أساس النظرية

Eddington, sir, Arthur, The nature of the physical world 1933 (١)

الفصل التاسع عرض جذاب لنشوء نظرية الكوانتم .

الموجية للضوء فمثلا يتكون ظل واضح محدد للأجسام العادية كالباني والأشجار والأعمدة أما إذا وضع سلك رفيع ما بين مصدر ضوء وحاجز فإنه لا يتكون ظل واضح إطلاقاً مما يدعو إلى التفكير في أن الموجات الضوئية قد انعطفت حول السلك كما تنعطف موجات المياه حول صخرة . فالضوء حتى ذلك الحين كانت طبيعته موجية .. فكيف يصبح شأنه شأن المادة مؤلف من ذرات .. أو جسيمات أو فوتونات وكيف نفرق بين المعادلات التي تحسب الضوء على أساس أن طبيعته موجية متصلة وبين المعادلات التي تحسب الضوء على أساس أن طبيعته جسيمية متقطعة - أم أن للضوء طبيعة مزدوجة .. وكيف ؟؟ وبالمثل فإنه عندما تمر حزمة Beam من الأشعة الضوئية خلال فتحة ينتج عنها على الحاجز دائرة مضيئة محددة - ولكن إذا صغر اتساع الفتحة إلى ثقب دقيق فإنه ينتج عنها على الحاجز دوائر متبادلة من الضوء والظل وتسمى هذه الظاهرة بالحيود أو حيود الضوء .

Diffraction of light وإذا أمررنا الضوء خلال ثقبين لاثقب واحد وكان الثقبان متجاورين ومتقاربين فإن نموذج الحيود يكون عبارة عن خطوط متوازية تماماً كما ينتج من تقابل موجتين من موجات المياه فوق سطح حوض سباحة ، فإنه عندما تتقابل قمة موجة مع قمة أخرى فإنهما يقويان بعضهما البعض وعندما تتقابل قمة مع قاع فإنهما يتلاشيان . وبالمثل في حالة مرور الضوء خلال الثقبين المتجاورين تنتج الخطوط البيضاء من أثر تقابل موجتي الضوء - وتنتج الخطوط السوداء عندما تتداخل الموجتان وهذه الظواهر الخاصة بالحيود والتداخل ، Diffraction & Interference إنما هي من مميزات الموجات ولا يمكن أن تحدث إذا كان الضوء مكوناً من جسيمات ، إذ أن التجارب والنظريات التي أجريت في القرنين الماضيين تؤكد أن الضوء يجب أن يكون موجياً - ومع ذلك فإن قانون أينشتاين الخاص بظاهرة الأثر الكهروضوئي يبين أن الضوء يجب أن يتكون من فوتونات وهذه الثنائية Duality الخاصة بالضوء هل هو موجي أم مادي - ماهي إلا مظهر من مظاهر ازدواج أعمق وأشمل يعم الكون الفسيح . ماذا تكون هذه الفوتونات ، هل هي كرات من الطاقة لها حيز .. ولها أوضاع في المكان .. شأنها في ذلك شأن ذرات المادة وجسيماتها ولماذا يجيد الضوء حيناً يدخل من ثقب ضيق . ولماذا يتداخل الضوء حول شعرة رفيعة فلا يبدو لها ظل .. ولو كان مبدأ بلانك لا يمكن تطبيقه في ماديين أخرى غير ميدان الاشعاع من الجوامد الساخنة لما كان جديراً بالأضواء التي سلطت عليه ، فقد انقلب الحذر المقرون بالاهتمام الذي استقبل به بعض الفيزيائيين نظرية الكوانتم ، انقلب إلى إيمان بها أخذ ينتشر بسرعة في السنوات التي تلت ظهور الدعوة إليها . لاسيما تطبيق أينشتاين لمبدأ الكوانتم في نظرية ظاهرة الانبعاث الكهروضوئي Photoelectric عام ١٩٠٥ وظهور نموذج بور الكمي للذرة عام ١٩١٣

١ - ظاهرة الانبعاث الكهروضوئي : The photoelectric effect

أعجب أينشتاين بنظرية بلانك وقدر أهميتها - وكان هو الوحيد الذى نقل نظرية الكوانتم إلى ميدان جديد للتطبيق^(١) عام ١٩٠٥ فى حين أن بلانك لم يفعل شيئا سوى وضع بضعة معادلات رياضية عن الإشعاع . ولكن أينشتاين قد أثبت بالقوانين أن جميع أنواع الأشعاعات كالضوء والحرارة السينية تنتشر فى الفضاء بكميات متقطعة حقا ، ومن ذلك كان الإحساس بالدفء الذى تشعر به عند جلوسنا بجوار مدفأة وهذا الإحساس من تساقط كميات الضوء على أعصابنا الحساسة للضوء وتختلف هذه الكميات باختلاف التذبذب الذى تبينه معادلة بلانك .

وقد برهن أينشتاين على صحة هذه الفكرة باستنباط قانون دقيق يعرف باسم ظاهرة الانبعاث الكهروضوئي The Photoelectric effect فقد احتار علماء الفيزياء فى تفسير الحقيقة القائلة بأنه إذا سقط شعاع الموجات بالنفسجية على لوح معدنى فإنه ينطلق منه عدد من الإلكترونات أما إذا سقط شعاع من الضوء تردده أقل من تردد البنفسجى مثل الأصفر أو الأحمر فإن الإلكترونات تنطلق أيضا ولكن بسرعة أقل . ويتوقف إنبعاث الإلكترونات من المعدن على لون الضوء الساقط عليه لاعلى شدة الضوء .

يقول أينشتاين : من الظواهر المعروفة فى المعمل أنك إذا أسقطت شعاعاً من الضوء على لوح معدنى فإن عدداً من الإلكترونات ينطلق من اللوح .. ولا تتأثر سرعة إنطلاق هذه الإلكترونات بشدة الضوء فمهما خفت الضوء ومهما ابتعد مصدره فالإلكترونات تنطلق بسرعة ثابتة . ولكن بعدد أقل .. وإنما تزداد هذه السرعة كلما كانت الموجة الضوئية الساقطة عالية التذبذب . ولهذا تزداد فى الأشعة البنفسجية وتقل فى الحمراء .

وفى عام ١٩١٣ أعلن العالم الدانمركى « فيلزبور » فكرته عن تركيب الذرة - ووضع للذرة الأيدروجين مستعينا بافتراضات وأفكار العالمين رذرفورد وبلانك وقد نجح فى وضع علاقة رياضية للطيف المنبعث منه

(١) خلافا للظن السائد - فقد منح أينشتاين جائزة نوبل عام ١٩٢١ على نظريته فى ظاهرة الانبعاث الكهروضوئي ١٩٠٥ لا على بحثه فى النسبية - إن رجالاً قليلين لهم العبقرية ما يتيح لهم أن يضيفوا إلى العلم إضافات أساسية فى موضوعات مختلفة يكاد لا يربطها ببعضها البعض أى اتصال ومع ذلك ففى حالات متعددة كانت أبحاث أينشتاين جديرة بمائزة نوبل .

راجع Millikan, R.A., Electron + and - chicao univ. of chicao Press. 1947

الفصل العاشر يبحث فى نظرية الانبعاث الكهروضوئي لاينشتاين .

تصور^(١) « نيلزبور » لتركيب الذرة عام ١٩١٣ Bohr Theory of atom conception

قام « بور » عام ١٩١٣ بزيارة لمعمل رذرفورد وهناك أمعن النظر في الصعاب والأعتراضات التي واجهت تصور نموذج رذرفورد - وخرج من ذلك بتصور لذرة الأيدروجين وكان ماتصوره نيلزبور كنموذج جديد فتح الطريق إلى مفاهيم حديثة وميادين جديدة في مجال الفيزياء الذرية المعاصرة ومن أجل هذا منح « بور » جائزة نوبل عام ١٩٢٢ ويمكن تلخيص تصور نيلزبور الذرة كالآتي :

- ١ - النواة موجبة الشحنة وتوجد بمركز الذرة .
 - ٢ - تتحرك الالكترونات السالبة حول النواة في مدارات محددة تعرف باسم « مستويات الطاقة » Level energy وأن الالكترون لا يصدر إشعاعا طالما كان يتحرك في مستوى الطاقة به .
 - ٣ - عدد الالكترونات حول النواة يساوى عدد الشحنات الموجبة التي تحملها النواة .
 - ٤ - عندما يقفز الكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل فإنه يصدر إشعاعا له كم طاقة (كوانتم)
 - ٥ - ميكانيكا نيوتن قابلة للتطبيق في مجال الذرة .
 - ٦ - كمية التحرك الزاوية للالكترونات التي تدور حول النواة تساوى مقدار معين أو مضاعفاته .
- ومن هنا يتضح أن فروض بور مزيج من الأفكار في الفيزياء الكلاسيكية وبعض أفكار فيزياء انتقال الطاقة (فيزياء الكوانتم) . لم تنجح نظريته في تفسير أطيف العناصر الأخرى الأكثر تعقيدا من ذرة الأيدروجين .

خاصية « جسيمات » الضوء « وموجات » الجسيمات

Quality of waves and particles

استرعى انتباه دى بروى L. DE Broglie عام ١٩٢٤ أن الضوء يتصف بالموجية

(١) التصور نظام يتخيله الذهن قائما ، وبه يمكن تفسير جملة من حقائق وقوانين ، يجمع بين اشتعابها في سق واحد ومنه الفرض العلمى ومنه النظرية ومن أمثلة ذلك تصورى رذرفورد وبور

والجسيمية فهو يتخذ سلوك الموجات في التداخل والحيود والظواهر الموجية الأخرى ، ويتخذ سلوك الجسيمات في الظاهرة الكهروضوئية وانبعثات الالكترونات . كما استرعى انتباهه تماثل آخر بين الضوء وحركة الأجسام يرجع تاريخه إلى القرن السابع عشر ، وهو أن الموجات والجسيمات تتبع أقصر الطرق في مسيرها مهما تكن الأوساط التي تتحرك فيها .

فخطر له أنه إذا كانت الطبيعة تحب التماثل ، فيجب أن تكون الطاقة والمادة متماثلتين ، فإذا اتصفت الطاقة الاشعاعية بالموجية وجب أن تتصف المادة أيضا بالموجية .

بدأ دي بروي بدراسة تداخل الضوء على أساس أنه فوتونات ووجد أنه يمكن تفسير ظاهرة التداخل وهي خاصية موجية صرفة على أساس أن الفوتونات تصحبها موجات ، والفرق بين وجهة النظر هذه ووجهة النظر الكلاسيكية هو أن الطاقة في الموجات الكلاسيكية منتشرة على الموجات وتتقدم في سبل متصل ، ولكنها في هذه الحالة مركزة في الفوتونات حيث ينعدم الاتصال . وهنا ترى « لدى بروي » ، أنه لما كان الجسيم المتحرك يحمل طاقة ، مثله في ذلك مثل الفوتون ، وأن الطاقة المصاحبة لسيل من الجسيمات المتحركة تتصف بعدم الاتصال ، فلماذا إذن لا يصحب الجسيم المتحرك موجة كالموجات المصاحبة للفوتونات ؟

وواصل « دي بروي » مقارنته بين الجسيمات المتحركة والفوتونات ، وحدد طول الموجة المصاحبة للجسيم المتحرك وما دام الأمر كذلك ، فيجب إذن أن تظهر الجسيمات الصفات المميزة للموجات . فيجب مثلا أن نرى نموذج حيود عندما يعترض طريق حزمة من الالكترونات عائق ، كالنموذج التي تكونه الحزمة الضوئية بمرورها في محزور الحيود . وهذا هو الحادث فعلا ، أثبتت تجربة Experiment دافيسون وجيرمر Davisson & Germer في أمريكا عام ١٩٢٧ أن الحزمة الالكترونية تمحيد بسقوطها على بلورة النيكل . كما حصل ج. ب. طومسون على صورة فوتوغرافية لنموذج حيود الالكترونات المتكون بمرورها في غشاء رقيق من الذهب . وربما نتساءل عن السبب في استخدام بلورة النيكل أو غشاء الذهب كمحزور حيود في هذه الحالة . ولعل السبب في ذلك يصبح واضحا إذا تذكرنا أن الحيود يظهر عندما تكون أبعاد الفتحات أو العوائق قريبة من الطول الموجي . وطول الموجة الالكترونية قصير جداً بالنسبة لطول الموجات الضوئية ، وعلى ذلك يجب أن تكون أبعاد الفتحات صغيرة جداً فيستعان بالترتيب الهندسي للذرات في البلورة أو الغشاء للعمل كمحزور حيود حيث تعمل المسافات التي تفصل بين الذرات كفتحات يحدث عندها الحيود

وهكذا ثبت بما لا يدع مجالاً للشك أن الإلكترونات وكذلك البروتونات أو أى جسيم آخر يتصرف بالموجية ، ولقد حفز هذا التشابه بين الحزمة الضوئية والحزمة الالكترونية ، على دراسة البصريات الالكترونية وتصميم العدسات التى تجمع الحزمة الالكترونية وتفرقها ، وتكون صوراً للأشياء المضاعة بالكثرونات ، وظهرت نتيجة هذه الدراسات فى بناء الميكروسكوب الإلكتروني Electronic microscope الذى يعطى تكبيراً يفوق كثيراً التكبير الذى يعطيه الميكروسكوب الضوئى Light Microscope الذى أمكن بواسطته رؤية الفيروسات والبكتريا والجزيئات العضوية وغير العضوية المتناهية فى الصغر وهكذا تم التماثل بين الطاقة والمادة فكلاهما يتصرف بالخاصية الموجية الجسيمية ...

فللضوء خواص الجسيمات ، وللجسيمات الذرية خواص الموجات^(١).

شرودينجر والميكانيكا الموجية Schrodinger & mechanic waves

حاول العالم الألمانى شرودينجر Schrodinger عام ١٩٢٦ تطبيق آراء دى بروى على الألكترونات داخل الذرة أملاً فى أن يجد فى الخاصية الموجية للجسيمات تفسيراً مقنعاً للظواهر الذرية . ويجدر بنا قبل مناقشتنا لعمل شرودينجر ، أن ندرس خواص الموجات المحصورة فى حيز محدود . وحيث أن خواص الموجات متشابهة مهما يكن نوعها ، فسوف نأخذ مثلاً الموجات الصوتية الصادرة عن وتر الكمان ، ونطبق ما نصل إليه على الموجات الإلكترونية فى الذرة . فحين نعلم يقيناً أن كل وتر من أوتار الكمان يعطى نغمة خاصة ، ولاتتغير هذه النغمة إلا بتغير الشد فى الوتر وذلك بإدارة المفتاح المتصل به فى ذراع الكمان ، أو بتغيير طوله . ويقابل تردد النغمة كيفية معينة لاهتزاز الوتر . ولايهتز الوتر المثبت عند طرفيه إهتزازاً مستمراً إلا إذا كان الطول المحصور بين نقطتى التثبيت مساوياً لنصف طول موجة أو مضاعفاً صحيحاً له . أى أن الترددات الصادرة عن وتر الكمان المثبت عند طرفيه لاتتخذ أية قيمة ولكنها تتخذ قيماً محددة هى مضاعفات صحيحة للتردد المقابل لطول موجى يساوى ضعف طول الوتر ، وتسمى النغمة الصادرة عن هذا التردد الأدنى بالنغمة الأساسية ، أما مضاعفاتها فتسمى النغمات الهرمونية . ويمكن لعازف الكمان الماهر أن يجعل الوتر يهتز بتردده الأساسى ، ويخلط من التردد الأساسى وبعض الترددات الهرمونية ، وهذا المزج بين النغمة الأساسية والنغمات الهرمونية هو الذى يضيف على النغمة الموسيقية حلاوتها وهو الذى يفرق بين النغمات الصادرة من الآلات الموسيقية فمن

(١) Dampier, sir william; History of science. the macmillan Co., 1946 pp.238-242

السهل علينا أن نفرق بين النغمة (دو) الصادرة عن البيانو وبين النغمة نفسها عندما تصدر عن الكمان . إذ تختلف نسبة المزج بين النغمات الهرمونية في كل منهما . وهكذا نرى أن الموجة المحصورة في حيز معين لا يمكن أن يكون لها وجود إلا إذا كان اتساع الحيز مضاعفا صحيحا لنصف طول الموجة ، وينطبق ذلك على جميع الموجات والأجسام المهتزة^(١).

لنعد الآن إلى الموجات الالكترونية في الذرة ، فالإلكترون محصور داخل الذرة تحت تأثير قوة الجذب الكهربية بينه وبين النواة الموجبة الشحنة ، وهذه القوة ذاتها هي التي تحصر الموجات الالكترونية وعلى هذا الأساس حسب شرودنجر الكيفيات التي يمكن أن تكون عليها الموجات الالكترونية .

ووجد أنها لا يمكنها أن تتخذ أية كيفية . ولكن الأطوال الموجية المسموح لها ، أطوال معينة فقط ، مثلها في ذلك مثل الأطوال الموجية المسموح بها في اهتزاز الوتر . ويقابل أكبر طول موجي مسموح أقل تردد ، ومن ثم يقابل أقل قيمة لطاقة الإلكترون . وعندما تتخذ الموجة الالكترونية هذا الطول الموجي تكون الذرة في أدنى حالات الطاقة ، أي تكون في حالتها المستقرة وتسمى بالحالة الطبيعية للذرة . وإذا أمد الإلكترون بالطاقة فانه لا يقبل منها الا ما كان مساويا تماما لمقدار الطاقة التي تجعل موجته تتخذ طولاً موجيا من الأطوال الموجية المسموح بها طبقا لخواص الموجات المحصورة . وعندما تتخذ الموجة الالكترونية طولاً يقابل احدى الترددات الهرمونية تكون الذرة في حالة طاقة أعلى من الحالة الطبيعية وتوصف حينئذ بأنها في حالة مستثارة .

وهكذا نجد أن الذرة تتخذ حالات كوانم معينة ، جاءت كنتيجة مباشرة للخاصية الموجية للجسيمات ، إذ أن الموجات الجسيمية تستلزم وجود صفة الكوانم وكل ما يمكن قوله أن الإلكترون يتحرك في الذرة بكيفية تجعل الموجة الالكترونية تتخذ أحد الأطوال الموجية المسموح بها .

تقدم شرودنجر بمجموعة من المعادلات الرياضية ليعلن نظرية اسمها الميكانيكا الموجية Mechanic waves . في هذه النظرية أثبت شرودنجر بالتجربة أن حزمة من الالكترونات ساقطة على سطح بللورة معدنية تحيد بنفس الطريقة التي يحيد بها أمواج البحر التي تدخل من مضيق واستطاع أن يحسب طول موجة الالكترونات التي تحيد بهذه الطريقة^(٢).

(١) Heither, W., Elementary wave Mechanics, Oxford Univ. Press 1945 p.68

(٢) Eddington, sir Arthur, The nature of the physical world. The. (٢)

Macmillan Co., 1933

يحوى الباب العاشر ما أسهم به كل من شرودنجر وهيزنبرج .

وأعقبت هذه المفاجأة - مفاجأة أخرى فقد أثبتت التجارب التي أجريت على حزم من الذرات ، ثم على حزم من الجزيئات أنها بإسقاطها على بللورة معدنية تنصرف بنفس الطريقة الموجية وأن طول موجاتها يمكن حسابه بمعادلات شرودنجر - وبهذا بدأ صرح النظريات المادية كله في الإنهيار . وأن كل ماهناك طاقة متبوجة .

مبدأ اللايقين : Indeterminacy principle

هو المبدأ المعروف بمبدأ فرلر هيزنبرج Heisenberg أعلنه عام ١٩٢٧ يعرف أحيانا بمبدأ الاتحاديد أو مبدأ اللايقين أو مبدأ الاحتمية أو مبدأ الشك حيث درج المترجمون العرب على استخدام التعبير الأخير ، ونهج على منوالهم أغلب أساتذة الفيزياء والكيمياء الفيزيائية ، أما ترجمة المجمع اللغوي « مبدأ أن لايقين في الطبيعة » وهو مبدأ نتج عن تحول معنى الحقيقة تبعاً لما اكتشف في علم الفيزياء في هذا القرن مما أختلت به الموازين القديمة كل الاختلال - فقد اتضح أن كل المعرفة الطبيعية التي حصل عليها العلم ليست إلا معرفة إحصائية تختفي وراءها حقيقة الأشياء وحقيقة العالم بما فيه من علل ومعلولات . وأن هذا الكون المختفي من وراء ما نعلم من ظواهر ليست معروفة وغير قابلة لأن تعرف - بل هي أيضاً غير قابلة للتصور .

أدلى هيزنبرج بهذا المبدأ في صورة قانون طبيعي حيث تخيل تجربة وهمية ومضمون هذه التجربة بسيط يحاول فيها العالم ملاحظة موضع Position وسرعة Velocity الإلكترون واتجاه حركته باستخدام مجهر عملاق للغاية يمكنه تكبير الإلكترون إلى حجم يمكن رؤيته وأن الضوء المستخدم لإضاءة الإلكترون يجب أن يكون طول موجته قريباً من أبعاد الإلكترون وحين تتدخل الأجهزة لتسجل ما يحدث للإلكترون كما هو في طبيعته ، إما أن نقيس وضعه في المكان قياساً دقيقاً ولكن حينئذ لانستطيع قياس سرعة حركته واتجاهها قياساً دقيقاً .

وإما أن نقيس سرعته قياساً دقيقاً ، ولكن ذلك القياس يعيث بالوصول إلى وضعه المكاني بالدقة المطلوبة . وصل هيزنبرج إلى أن تحديد موضع وسرعة الإلكترون في لحظة واحدة مستحيل ، فالفيزيائيون يحددون خواص الإلكترون بدقة مناسبة بالاستنباط من خواص مجملتها منها ، ولكنهم عندما يحاولون تحديد مكان الكترون معين في الفضاء ، فخير ما يقال في هذه الحالة هو أن نقطة معينة من نقط تحركات موجات الإلكترونات كمجموعة تمثل الوضع المحتمل للإلكترون المعين - فالإلكترون عبارة عن بقعة غير محددة شأنها في ذلك شأن الريح أو الموجات الصوتية . وكلما قل عدد الإلكترونات التي يلاحظها الفيزيائي كلما زادت مشاهداته حيرة وعدم تحديد .

يؤكد هيزنبرج استحالة وصف الإلكترون وصفا دقيقا شارحا بأنه إذا اصطدم الكترونين أ ، ب يتألف منهما نقطة من السيل الكهري Drop of electric fluid تلك التي تنفقت من جديد لتؤلف الكترونين جديدين ج ، د لأن الالكترونين أ ، ب لم يعد لهما وجود على الإطلاق .

ترجع ظاهرة اللاتيقين عند هيزنبرج إلى الحاجز الذي يجلب الانسان عن معرفة الكون وطبيعته ولا يرجع إلى نقص في العلم ولذلك فإنه اقترح في تجربته الخيالية أن يكون « المجهر الدقيق » Electronic, M. ذو قوة تكبير تصل إلى مائة مليون مرة حتى تستطيع عين الانسان أن تدرك الالكترون^(١)، وان كانت هناك صعوبات أخرى - ذلك لأن الإلكترون أصغر من موجة الضوء ولذلك يضطر الباحث إلى استخدام إشعاع طول موجته أصغر (أقصر) والأشعة السينية ولو أن موجتها أقصر من طول موجة الضوء العادي إلا أنها عديمة الجدوى ولا تصلح لرؤية الالكترون - كما أنه إذا أمكن رؤيته بأشعة جاما فهي تؤثر على الالكترون .. من هنا وصل هيزنبرج إلى استحالة تحديد موضع وسرعة واتجاه الكترون فهو في محاولته لتسجيل وضع الالكترون وسرعته لن يصل إلى أى نتيجة .. إذ في اللحظة التي يسجل فيها مكانه تتغير سرعته .. وفي اللحظة التي يحاول فيها تسجيل سرعته يتغير مكانه .. لأن اطلاق الضوء عليه لرؤيته ينقله من مكانه ويغير سرعته .

وصل كذلك إلى نقطة هامة في طبيعة المادة وهي أنها غير معروفة لنا - أننا لن نستطيع القول أن المادة تتألف من ذرات أو طاقات - نستطيع فقط أن نقول أننا نعرف المادة عن طريق الذرات أو الطاقة وهذا لا يعني أن المادة تتألف من هذه أو تلك . والتعامل مع الوحدات الأساسية للمادة الطبيعية مستحيل فحينما نصل إلى عالم التركيب النووي .. يستحيل علينا التحديد .

إن مفهوم هذا المبدأ أنه ليس باستطاعتنا أن نطلب من الباحث أن يكون دقيقا للغاية - إننا نعرف الشيء لأنه بالتقريب هو الشيء نفسه الذي عرفناه من قبل ، ولكنه لا يمكن أبدا أن يكون نفس الشيء الذي كان تماما ، ، بل أنه قريب مما كان عليه لدرجة كبيرة - إن مبدأ هيزنبرج يقول بأنه لا يمكن وصف أية أحداث ولا حتى الأحداث الذرية بيقين ، أى بدقة كاملة تامة ، والأمر الذي يجعل هذا المبدأ عظيم الأثر أن هيزنبرج يحدد درجة عدم

Richard, F., First principles of atomic Physics copyright by Harold (١)
Brothers New York. 1950 p.431.

اليقين، التي يمكن الوصول إليها . ولهذا السبب أدخلت فكرة الاحتمال الإحصائي^(١) لوصف ما يمكن أن نعرفه عن الإلكترون بكل الدقة الممكنة: لأن القوانين الإحصائية تعبر عن سلوك جميع هائلة من بلايين بلايين الإلكترونات أو الفوتونات .

إن العلم يتقدم بخطوات وخطوات وأصبح أنجح مشروع في إرتقاء الانسان لأن هذا العلم هو تبادل المعلومات بين الانسان والطبيعة وبين الانسان والانسان - وكل أنواع المعرفة وكل المعلومات بين الناس لا يمكن تبادلها إلا بشيء من عدم الدقة أو عدم اليقين - وهذا صحيح سواء أكان التبادل في العلم أو في الأدب أو في الدين أو في السياسة أو في أى شكل من أشكال الفكر الانساني .

كل ما يمكن للعلم أن يدركه هو الكميات والكيفيات ولكن لاسيلى إلى ادراك الماهيات . فالحكم بفشل اليقين الدقيق للجسيمات المقيسة حتى في التجربة الوهمية - هو فحوى مبدأ اللاتيقين عند هيزنبرج ومن الجدير بالذكر أن هذا المبدأ لا يلعب أى دور ذو أهمية في عملية ديناميكا الأجسام الكبيرة .

الضوء وفيزياء الكوانتم

Light and Quantum physics

يلعب الضوء دوراً أساسياً في علم الفيزياء - وقد أفرد له الفيزيائيون مكاناً فريداً والسبب طبيعة الضوء المتسامية والتي تحيرهم خاصة السرعة التي ينتشر بها في الفضاء . ولعل المكان الفريد الذي يشغله الضوء في مجال المعرفة يرجع إلى كونه ضرورة احدى حواسنا الخمس .

ظاهرتان فيزيائيتان تتخصص إثنان من حواس الإنسان في إدراكهما الضوء والصوت Optic & Sound والأخير لاتتبادل أهميته من وجهة نظر الفيزيائي مع الضوء - فالظواهر الضوئية ليست إلا أجزاء يسيراً من فصيلة أكثر اتساعاً هي ظواهر الاشعاع ، هناك في الواقع إشعاعات لاحصر لها ليست الاشعاعات الضوئية إلا جزءاً يسيراً منها . أمكن للعلماء تصنيف هذه الاشعاعات تبعاً لصغر طول موجتها على النحو التالي :

(١) من خصائص العلم أن كل أحكامه إحصائية وتقريبية لأنه لايجرى تجارب على حالات مفردة ، لايمسك ذرة مفردة ليجرى عليها تجاربه ، ولايقبض على الكترون واحد ليلاحظه ، ولايمسك فوتوناً واحداً ليفحصه ، وإنما يجرى تجاربه على مجموعات .. على شعاع ضوء يحتوي بلايين الفوتونات .. أو جرام من مادة يحتوي بلايين الذرات ، وتكون النتيجة أن الحسابات كلها إحصائية تقوم على الاحتمالات وعلى الصواب التقريبي

١ - الاشعاعات الكهرومغناطيسية : Electromagnetic radiation وهي التي تستخدم في الارسال اللاسلكي

٢ - الاشعاعات دون الحمراء : Infra - red radiation

٣ - الضوء بالمعنى المعتاد للكلمة : Light rays

٤ - الاشعاعات فوق البنفسجية : Ultra violet radiation

٥ - الأشعة السينية أو أشعة اكس : X - rays

٦ - أشعة جاما : Gamma rays

هذا السلم الطويل من الإشعاعات لا تبصر العين منه إلا مقدار « درجة » واحدة هي التي تشمل حزمة الضوء المرئي Beam of light داخلها حشد من الإشعاعات الأخرى لانحس به العين أما الإشعاعات غير المنظورة فيمكن الكشف عنها بوسائل غير مباشرة (التأثيرات الكهربائية - رفع درجة الحرارة .. ألخ) وجميع هذه الإشعاعات لها نفس الخواص الأساسية التي للضوء المرئي وتلعب نفس الدور الذي يلعبه الضوء في الطبيعة وإن لم تحس بها العيون .

ولذا يتبوء الضوء مكان الشرف والصدارة بين الكيانات الطبيعية لاهتمام الفيزيائيين به وذلك لخواصه الفريدة والتي يمكن تفصيل أسبابها :

أولاً : أدرك الإنسان بفطرته منذ أقدم العصور أن الضوء هو أسرع رسول نعرفه وقد نسب ذلك إلى لوكريطس Locritus في كتابه « في طبيعة الأشياء » De rerum natura وكان الفلكي الدانمركي رومر Roemer هو أول من نجح عام ١٦٧٦ خلال عمله في مرصد باريس في أن ينسب للضوء سرعة انتشار محددة Finite قدرها بحوالي ٣١٣,٠٠٠ كم/ثانية لاشك أن هذه السرعة كبيرة جداً ولكنها على أية حال قدر محدود أمكن قياسها .

ولقد استطاع العلماء خلال القرن التاسع عشر وأثر عدد كبير من التجارب لاجل هذا لذكرها قياس سرعة انتشار الضوء في الفضاء بدقة أكبر أدت إلى نتائج قريبة جداً من ٣٠٠,٠٠٠ كم/ثانية . ومهما كانت هذه السرعة عالية فإنها مع ذلك محدودة - فغالبا ما يستغرق الضوء زمنا طويلا ليقطع المسافات الشاسعة التي تفصل بين المجموعات النجمية - ويستغرق ثمانية دقائق ليصل من الشمس إلى الأرض . ويحتاج إلى أربعة أعوام ليقطع المسافة بيننا وبين أقرب النجوم إلينا ويعلم الفلكيون المعاصرون أن الضوء يستغرق

ملايين السنين ليأتى من السدم البعيد إلى الأرض . والحقيقة التى تتجه إليها أبصار العلماء والفلاسفة ليس إرتفاع مقدار سرعة الضوء ولكن كون هذه السرعة لايمكن أن يبلغها جسم مادى يتحرك .

وقد أمكن التعرف جيدا على هذه الخاصية المميزة للضوء بعد ظهور النظرية النسبية والتى تعتبر سرعة الضوء هى « السرعة الحدية » أى السرعة القصوى ولقد أوضحت نظرية النسبية أن الأجسام التى تتحرك بالسرعات المعتدلة التى نعرفها ونقابلها فى حياتنا اليومية تحتفظ بكتلتها ثابتة تقريبا .

إن الضوء أو الفوتونات التى تكونه كتعبير جسيمى معاصر هى القادرة على بلوغ هذه السرعة الحدية نظرا لكتلتها المتلاشية ، ولهذا الإنتشار السريع للفوتونات الضوئية خاصية أخرى فريدة - أن الضوء لايتحتاج إلى أى عون لكى ينتشر وهذه الخاصية الفريدة تعطى الضوء مكانا استثنائيا فى مجموع كيانات العالم الفيزيائى . إن أسرع وسيلة اليوم لنقل أى خبر تكون بإشارة ضوئية . ولذلك فهو أسرع رسول كما أن الضوء لايتحتاج إلى أى عون لكى ينتشر ، ولكى ندرك إلى أى مدى يمكن تفهم ظاهرة انتشار الضوء ، من الضروري أن أقدم ملخصا لنظريتين متعارضتين عن طبيعة الضوء قدمهما العلماء على مر العصور ، لقد كانوا يقارنون حزمة الضوء أحيانا بمجموعة من القذائف الصغيرة تسير فى مسارات متقاربة جدا وكانوا يتصورون مصدرا ضوئيا كما لو كان يقذف جسيمات مضئية فى كل اتجاه . وأحيانا أخرى كانوا يفضلون تشبيه الضوء بموجة تنشر على صفحة الماء بحيث يكون المصدر الضوئى عند مركز الاهتزاز الذى تتولد عنده الأمواج منتشرة بعد ذلك من حوله فى اتجاه . كان التصور الأول هو تصور لوكريطس وهو دون شك نفس تصور نيوتن ثم لابلاس ، حيث كان يرى نيوتن أن الضوء يتألف من جسيمات متناهية فى الصغر - تصدر عن الشمس والجسيمات الأشعاعية تسير فى خطوط مستقيمة وأن سرعة الضوء أكثر فى الوسط الكثيف منه فى الوسط الأقل كثافة .

أما التصور الثانى قدمه كريستيان هيجنز K. Huggens عند نهاية القرن السابع عشر . شبه هيجنز الضوء بالصوت وحيث أن الأخير يسير فى موجات عبر الهواء- كذلك الضوء مع فارق أن موجات الضوء لايسير عبر الهواء حيث أن الضوء يمكنه السير فى خلاء ولذلك اضطر إلى افتراض الأثير الذى يملأ الفراغ الكونى لحمل الموجات - كان هيجنز يرى أن الشمس تصدر موجات ضوئية لاجسيمات ضوئية وأن الضوء يسير أقل سرعة فى الوسط الكثيف وأنه يسير فى الخلاء بسرعة أكبر منه الأوساط المادية - رغم أن قياس سرعة الضوء فى المسافات القصيرة نسبيا لم يكن ممكنا آنذاك . إلى أن تمكن فوكو

Foucault عام ١٨٥٠ من اجراء تجربة ، حسم بها النظريتين الجسيمية والموجية . يث تبين له أن سرعة الضوء أقل سرعة في الماء عنها في الهواء ومن ثم تأيدت النظرية الموجية وأهملت الجسيمية . إلى أن جاء بلانك وأثبت أن الضوء يتألف من جسيمات هي الفوتونات في مقدمة نظرية الكوانتم وبفضل أبحاث العالم الفرنسي أوجستني فرزنل O. Fresnel الذى استطاع تفسير ظواهر التداخل والحيود باستخدام التصور الموجي للضوء Wave of light وفى عام ١٨٨٩ تمكن مالمس Malus من إكتشاف ظواهر الإستقطاب Polarization واستطاع تفسيرها باستخدام التصور الموجي للضوء - إلا أن العلماء حاولو لآماد طويلة تحديد خواص الأثير للاهتمام إلى قوانين انتشار الضوء .

فإذا كان الضوء مكونا من أمواج تنتشر في الفضاء - ألا يكون هناك وسط يمر خلاله الضوء المنتشر مثل اهتزازات الصوت والاهتزازات الميكانيكية التى تنتقل عبر الأوساط السائلة والغازية ومن خلال الجوامد - وأتفق هيجنز وفرزنل في تخيل وسط شفاف لا وزن له ولا تدركه الحواس وسمى هذا الوسط « الأثير » Ether وحاول العلماء آمادا طويلة تحديد خواص مرونته في سبيل الاهتمام إلى قوانين انتشار الضوء ، وصف الأثير بخواص متعارضة^(١) كان آخرها أنه ذو طبيعة كهرومغناطيسية Electromagnetic nature حتى بداية السنوات الأولى للقرن العشرين وبعد أن قدر للنظرية النسبية بالحقائق التجريبية التى توصل إليها مورلى وميكليسون Morley & Michelson من أنه يستحيل علينا أن نعرف إن كنا نتحرك أو كنا ساكنين بالنسبة إلى الأثير وهنا أجمع الفيزيائيون على نبذ فكرة الأثير كوسط حامل للأمواج الضوئية

ولقد كان التصور الكلاسيكى لهيجنز وفرزنل يحتم وجود وسط لانتشار الضوء - وعلى العكس من ذلك كان التصور الجسيمى Particles conception لا يحتاج إلى مثل هذا الوسط - وإنما المؤكد أن الاهتزازات الميكانيكية والصوتية لا بد لها من وسط مادي ينقلها - أما الضوء فهو أكثر استقلالا عن المادة وينتشر دون أى سند .

لقد أثبت لنا ماكسويل بنظريته الكهرومغناطيسية أن الضوء هو أنقى أشكال المجال الكهرومغناطيسى وترتبط المجالات الكهرومغناطيسية بحركة الجسيمات المكهربة التى تدخل في تركيب المادة . هكذا يؤدى بنا التصور الجسيمى المتجزئ والكمى للضوء إلى التأكيد أن كل أشكال الضوء في حالة الانتشار تتكون من « فوتونات » تحررت من كل ارتباط بالجسيمات المكهربة للمادة وهذه الفوتونات يصحبها مجالها الكهرومغناطيسى وهذا

(١) تخيله البعض أصلب من الصلب وأن حواسنا لا تدركه ، وأن النجوم تمر خلاله دون أدنى احتكاك إلا أن فكرة الأثير ازداد غموضها حتى أضحت مصطنعة وشعر العلماء بأنها بالية ومزقة .

هو السبب في القول بأن الضوء أنقى أشكال المجال الكهرومغناطيسي ، هكذا كشف لنا الضوء عن الثنائية الموجية والجسيمية *Waves and particles* وسمح لنا بهذا الشكل أن نتسلل إلى أعماق العالم الفيزيائي - ومع بداية القرن العشرين أمكن بعث تصور الضوء على هيئة جسيمات من جديد .

تصور الضوء والمادة يعينان الطاقة :

إن هذا الاتحاد النهائي لتصورى الضوء والمادة في وحدة ذلك الكيان « الطاقة » *Energy* قد دعمته خطوات الفيزياء المعاصرة يوم أن أكتشفت أن الجسيمات المادية قادرة على الاختفاء مخلفة وراءها إشعاعاً وأن الأشعاع يستطيع أن يتكشف إلى مادة وأن يخلق جسيمات جديدة وهكذا يستطيع إلكترونان متضاداً الإشارة (الكترون سالب عادى والكترون موجب - بوزيترون) أن يفنى كلا منهما الآخر وهذا الإفناء لزوج من الالكترونات ، مع مراعاة مبدأ بقاء الكهرباء (مادامت شحنتان متساويتان أشارتهما متضادتان تختفيان في وقت واحد ، يصحبه انبعاث فوتونات من الاشعاع بحيث توحد طاقة الالكترونين . وتغير شكل الطاقة هذا مع بقائها لتتحول من مادة إلى ضوء والعكس . وفي الظروف المناسبة يستطيع فوتون أن يخلف وراءه زوجاً من الالكترونات متضادى الإشارة وفي هذه الحالة يتحقق مرة أخرى بقاء الطاقة والكهرباء ولكن هنا تتحول طاقة الضوء إلى مادة .

كل هذه الحقائق تثبت بوضوح أن المادة والضوء ليسا إلا مظهرين مختلفين للطاقة التي تستطيع أن تأخذ بالتعاقب مظهراً لكليهما . وإن كان الضوء يمتاز عن كل الكيانات النووية بأنه الأسرع والأكثر رقة والأكثر تحرراً من القصور والشحنة وعلى ذلك إذا وسعنا كلمة « مادة » بحيث تشمل كل أشكال الطاقة فانه يمكن القول أن الضوء هو أكثر أشكال المادة هذياً - لذلك يحتل الضوء مكاناً مرموقاً بين مجموع الظواهر التي تدرسها الفيزياء المعاصرة - إنه إذ يصدر عن المادة أو يمتص فيها يعمل كحلقة اتصال بين كل الجسيمات المادية ذات الطبيعة النووية .

والضوء هو الذى يندفع بسرعة تخيلية في المسافات النجمية مؤدياً مهمة أسرع رسول بين أكثر النجوم تباعداً . ومن خلاله أمكن للفلاسفة والعلماء وعى ضخامة الكون - فالضوء هو الذى كشف عن وجود المجرات *Galaxies* والسدم *Nebulae* تفصلها مسافات شاسعة يقطعها الضوء رغم سرعته التخيلية في مئات الملايين من السنين .

وأخيراً كشف الضوء النقاب عن وجهه فإذا به يستطيع أن يتكشف ويتكشف ليعود

آخر المطاف مادة بينما تستطيع المادة أن تتبدد لتصبح في نهاية المطاف ضوءاً .

تحت مادة ضوء Light. في دائرة المعارف البريطانية في طبعها الرابعة عشرة في عام ١٩٢٩ بدأ الكاتب مقاله بما يلي :

قد ينتظر منا أن نبدأ الحديث في الضوء بالتحدث عن حقيقته وبعد تحقيق ذلك ننتقل إلى خواصه ، ولكن هذه الطريقة مستحيلة - لأن الضوء من المعاني الأصلية الأولى التي يعجز عن الوصول إليها أى معنى آخر أو معان أخرى نسخرها لتفسيره ، فطبيعة الضوء لا يمكن التعريف بها إلا بتعداد خواصه ، وبناء هذه الخواص على أبسط الأسس الممكنة وبما أن هذه الأسس تعجز عن إدراكها خيرة هذه الحياة ، فقد وجب أن نعبر عنها بصورة من صور المنطق البحت أعنى بالرياضة . وعلى هذا سوف نصف كيف يعمل الضوء مستعنيين بالتشبيهات والاستعارات وهذا الوصف هو « حقيقة » الضوء إذ لا شيء يمكن سواه . أحب أن أقارن هذا المقال بنظيره في نفس دائرة المعارف البريطانية في طبعها الحادية عشر في عام ١٩١١ وقد كتبها فلكي ، ولكنه لاشك كان يعرض فيما كتب رأى علماء الفيزياء في تلك الأيام قال الكاتب بعد أن ذكر أن الضوء يمكن تعريفه بما يجد المرء من أثر له في نفسه قال : أما تعريفه الموضوعي ، بصرف النظر عن أثره في ذات رائيهِ والتعرف على حقيقته فهذا هو الهدف الأقصى للأبحاث الضوئية .

من هذين المقالين ، مقال عام ١٩١١ ، ومقال عام ١٩٢٩ نرى كيف أنتقل الاهتمام بمعرفة حقيقة الضوء إلى الإكتفاء من هذه الحقيقة بالذى يذكر من خصائص الضوء ، انها نقلة ظاهرة حتى لمن لايعرف من الطبيعة شيئا .

قال نيوتن أن الذرات من طبيعة جسيمية والضوء كذلك ، وقال هيجنز أن الذرات من طبيعة موجية والضوء كذلك . وظل الخلاف حاسما حتى جاء فوكو Foucault بالتجربة الحاسمة في صف النظرية الموجية مؤيدا لهيجنز . لكن لما جاء القرن العشرون عاد بلانك وأيده أينشتين إلى النظرية الجسيمية للضوء ، وظل الأمر كذلك حتى عام ١٩٢٥ حين جاء دى بروى الفرنسى وشروينجر ، وعاد إلى النظرية الموجية للضوء والمادة ، وعاد الخلاف الحاسم بين النظريتين من جديد . لكن الأمر الآن استقر على موقف تنبأه هيزنبرج وبورن قبيل الحرب العالمية الثانية هو أن الذرة والضوء يمكن أن يفسرا بالتصور الموجي والجسمي معا - لكن ليس في لحظة واحدة ، المادة والضوء يفسران تفسيراً جسيمياً في السرعات المحدودة لحركة المادة ، ويفسران تفسيراً موجياً حين تصل سرعة المادة إلى سرعة الضوء .

النيوترون Neutron^(٢)

في أواخر عام ١٩٣٠ لاحظ « بوث » و « بيكر » Both & Becker أنه عند قذف صفائح رقيقة من المعادن الخفيفة بأشعة ألفا المنبعثة من البولونيوم ، فإنه يبعث منها أشعة نفاذه جداً وفي عام ١٩٣٢ أعلن شادويك Chadwick الإنجليزي أن هذه الأشعة نوع جديد من الجسيمات موجودة بنواة الذرة لا تحمل أى شحنات ، ووزن الواحد منها يساوى وزن البروتون ، وسمى هذا الجسيم بالنيوترون Neutron

الأشعة الكونية وجسيمات نووية أخرى :

في السنين العشر الأولى من هذا القرن أمكن عن طريق الدراسات العلمية التوصل إلى أن نسبة تأيين الهواء الجوى تزداد كلما ارتفعنا عن سطح البحر . ولا يمكن تفسير ذلك بأنه نتيجة وجود المواد المشعة في الأرض . فرض العلماء حينذاك أن تلك الاشعاعات التى تسبب تأيين الهواء الجوى إنما تخترق الغلاف الجوى للأرض آتية من أعماق الفضاء الخارجى وأطلق عليها لذلك اسم « الأشعة الكونية »^(١) Universe rays ولقد توالى دراسات علماء الفيزياء لطبيعة تلك الأشعة الكونية باستخدام الطرق التكنيكية المختلفة وتلخص النتائج كما يلى :

- ١ - أعلى قيمة للتأين عند ٢٢ كم فوق سطح البحر ثم تنخفض بعد ذلك .
 - ٢ - تتكون الأشعة الكونية من كثير من البروتونات والنيوترونات وأشعة ألفا ونسبة قليلة من أنوية عناصر الكربون والأكسجين . وكذلك الفوتونات والبوزيترونات والميزونات .
 - ٣ - لا تتغير كمية الأشعة الكونية خلال اليوم أو خلال فصل ما من فصول العام تقريبا .
 - ٤ - تقل كمية الأشعة الكونية كلما اقتربنا من خط الاستواء بتأثير المجال المغناطيسى الأرضى . وقد تم اكتشاف الجسيمات النووية الآتية بالأشعة الكونية :
- (أ) في عام ١٩٣٢ قام العالم الأمريكى أندرسون Anderson باكتشاف البوزيترون ، له نفس كتلة الالكترون ونفس قيمة الشحنة إلا أنها موجبة .

Richard, F., First principles of atomic physics p. (٢)

Gerlach, W., Matter; Electricity, Energy D. Van Nostrand Co., 1928 (١)
p.268

(ب) وفي عام ١٩٣٦ اكتشف أيضا دقائق الميزونات الموجبة والميونات السالبة
Neg. Meon .

(ج) في عام ١٩٤٧ تمكن العالمان باول Bawell وأوكياليني Okialine من اكتشاف
الميزونات الثقيلة والبايونات Bions ذات الشحنة الموجبة أو السالبة أو المتعادلة .

(كتلة البايون + = ٢٧٣,٢ كتلة الالكترون)

(بايون متعادل = ٢٦٤,٢ كتلة الالكترون)

الأنشطار النووي : Nuclear Fission

اكتشف العالمان هان وستراسمان Han & Strasman في عام ١٩٣٩ أن نواة اليورانيوم ذات الوزن الذري ٢٣٥ تنقسم إلى جزئين متساويين تقريبا عند تصادمها مع النيوترونات البطيئة . واستطاع العالمان فريش ومتر Fresch & Metner تفسير ذلك على أنه إنشطار لنواة اليورانيوم وتحول جزء كبير من الكتلة إلى طاقة هائلة تبلغ حوالى ٢٠٠ مليون إلكترون فولت من إنشطار نواة واحدة وينتج عدد من النيوترونات تستطيع بدورها القيام بتصادمات جديدة تؤدي إلى إنشطار أنوية أخرى لعنصر اليورانيوم وسمى هذا التفاعل المتسلسل^(١) Chain reaction يمكن التحكم حاليا في هذه الطاقة فيما يسمى بالمفاعلات النووية حيث يجرى التحكم في عملية الانشطار ومعدل حدوثها بما يضمن الأمن . وتقوم المفاعلات بإنتاج الطاقة لأوقات طويلة - وعلى ذلك يجرى تصميمها لتستخدم كمصدر للطاقة لمحطات القوى وفي إنتاج النظائر المشعة .

محتويات الفصل الثالث النظريات النسبية والفلك

- ألبرت أينشتاين
- نشأة وهدف النظرية الخاصة للنسبية
- نسبية الزمان والمكان والحركة .
- نسبية الزمان
- نسبية المكان
- تجربة ميكلسون مورلي أهم أسباب وضع النظرية الخاصة
- نسبية الحركة وسرعة الضوء
- نسبية الكتلة وتقلص الأطوال وتباطؤ الزمن
- خلاصة قوانين النظرية الخاصة للنسبية
- الفلك كعلم طبيعي معاصر
- موجز تاريخي لتطوير علم الفلك
- المجموعة الشمسية
- النجوم والكواكب
- الأرض والقمر
- الشمس والطاقة
- المذنبات والشهب
- الطريق اللبنية أو طريق التباتة (سكة التباتة)
- السديم
- نشأة وهدف النظرية العامة للنسبية
- المكان والزمان معا في « متصل واحد »
- الجاذبية « مجال »
- الكون « متصل » منحنى مقفل محدود
- الكون يتمدد وينكمش
- نظرية المجال الموحد
- أينشتاين وأزمة الفيزياء النيوتونية .
- خاتمة .

النظريات النسبية والفلك

اتسع مجال البحث في العلوم الفيزيائية المعاصرة واتجه نحو عالمين :

١ - عالم الدقائق النووية Microphysics والتفتت الذرى عامة وظواهر الأشعاع والطاقة الخاصة ولاشك أن ذلك جوهر بحث نظرية الكوانم التى ساهم فيها نخبة من عمالقة العلم الطبيعى والرياضى المعاصرين وسبق أن ذكرنا ذلك تفصيلا .

٢ - عالم الأفلاك أو عالم الكيانات المتناهية فى الكبر Macro Physics فى الفضاء الكونى الفسيح بما يشمله من كواكب ونجوم ومجرات وسديم .. وهذا إمتناوله بالإجمال النظريات النسبية لأينشتين . هناك نظريتان أولهما الخاصة وتتناول إمكانية إنسجام النظريات الفيزيائية إذا أمكن إجراء تعديلات خاصة فى الآراء التقليدية للزمان والمكان والحركة والكتلة . وثانيتهما النظرية العامة وتتناول حركة الأجرام السماوية فى آفاق الكون الرحب فى المتصل رباعى الأبعاد ، والجاذبية فى الكون المحدود والمتعدد فى متصل مقفل ، لتكشف أسرار علمية كثيرة عن شكل الكون ونظامه ، وتخيل أسرار وأوضاع مجموعاته فى السديم .

ألبرت أينشتين : (١٨٧٩ - مايو ١٩٥٥) Albert Einstein

هو العالم الرياضى الفيزيائى الشهير - صاحب النظريات الخاصة والعامة للنسبية ونظرية المجال الموحد ، ولد فى ألمانيا عام ١٨٧٩ بمدينة أوم (Ulm) لم ينجب والده سواء وشقيقة تصغره بعامين .

ظهرت ميوله إلى العلوم الطبيعية فكان يقبل على كتب التبسيط العلمى بنهم بالغ ، من الطريف أنه تعلم الرياضيات فى المنزل وشجعه على ذلك عمه مدرس علم الجبر .

انتقلت عائلته إلى إيطاليا وهو فى الخامسة عشر وأمكنه الحصول على الشهادة الثانوية ، من إحدى مدارس سويسرا وتبينت ميوله للعلوم الفيزيائية ، فكان يقبل على مطالعة كتب كبار العلماء البارزين فى هذا الفرع ، من أمثال هلمولتز Helmholtz^(١) وبولتزمان

(٢) جيرمان هلمولتز Helmholtz (١٨٢١ - ١٨٩٤) عالم ألمانى عمل فى مجال الفيزياء والرياضيات وعلوم وظائف الأعضاء وكان أول من وضع التعريف الرياضى لقانون بقاء الطاقة عام ١٨٤٧ مبينا فيه خواص ومميزات هذا القانون . وكان أول من استخدم الميكانيكا الحرارية فى دراسة العمليات الكيميائية . فقد وضع هلمولتز أساس الميكانيكا الهوائية وميكانيكا الموائع المائية ذلك بأبحاث فى الحركة اللوامية للسوائل . وتوصل إلى مجموعة عامة من النتائج ذات القيمة .

Boltzman وماكسويل Maxwell وهرتز Hertz ، ولما كان ألبرت يهيم بالقوانين العامة للفيزياء فسرعان ما وجد نفسه أمام مشاكل يتبادلها الفلاسفة وهنا نجد عاملاً جديداً ، كان له أثر واضح في تفكيره وتناوله للأمور إذ أننا نجد خلافاً للغالبية يقبل على كتب الفلاسفة للاستفادة من أفكارهم ومنطقهم - أعجبه هيوم وأرنست ماخ وكنط وهنرى بوانكاريه^(١).

في زيورخ شغل مناصب للأستاذية في جامعتها التكنولوجية الشهيرة إلى عام ١٩١٤ - وفي نفس العام دعى إلى برلين ليكون رئيس معهد القيصر ولهم للفيزياء وفي عام ١٩٢١ نال جائزة نوبل وفي عام ١٩٢٥ نال ميدالية الجمعية الملكية بلندن .

وبمجيء هتلر إلى ألمانيا - هاجر أو هرب أينشتين إلى الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٣٩ وقبِلَ رئاسة معهد الدراسات الرياضية والفيزيائية العليا بجامعة « برنستون » حيث عين رئيساً له طوال حياته ، ويقال أن عقلية أينشتين الجبارة هي التي أوحت إلى الرئيس الأمريكي روزفلت بفكرة القنبلة الذرية .

وكان أن نجحت فكرته ، وألقيت أول قنبلة ذرية على اليابان في سنة ١٩٤٥ فأذهلت العالم بتلك الطاقة الجديدة الهائلة وذاع صيت أينشتين وظل في الولايات المتحدة حتى توفي في مايو ١٩٥٥ . وكان قد أوصى بتسليم مخه للبحوث التشريرية العلمية . عدد قليل من الناس هو الذى يعرف على وجه الدقة ما أتاه أينشتين . فقد أحدث ثورة في تصوراتنا عن العالم الفيزيائى . غير أن تلك التصورات الجديدة لم تفسرها جيداً إلا المصطلحات الرياضية البحتة المجردة . ومن الحق أن هناك تفسيرات مبسطة لاحتصرها - لنظريات أينشتين ولكنها تتأى عامة على الوضع فإن الكثير من أفكارها الجديدة يعبر عنه في لغة العلاقات الرياضية ، وصعوبتها تتأى من هذه الناحية لأن ما يحتاج إليه هو تغيير في الصورة التي نتخيلها للعالم - تلك الصورة التي انتقلت إلينا عن الآخرين من أمثال كوبرنيك وكبلر وجاليليو ونيوتن وهرتز^(٢).

(١) هنرى بوانكاريه (١٨٥٤ - ١٩١٢) هو واحد من فريق العلماء المتابعين لنقد المعرفة العلمية وله في هذا كتب مشهورة هي العلم والفرض (١٩٠٢) وقيمة العلم (١٩٠٥) والعلم والمنهج (١٩٠٩) وخواطر أخيرة (١٩١٢) ويلتقى بوانكاريه مع الكثير من العلماء والفلاسفة في القول بنسبية العلم الحديث ولا سيما الفيزياء .

(٢) هنريش هرتز Heinrich. H. (١٨٥٧ - ١٨٩٤) خطا بعلم الكهرومغناطيسية خاصة موضوع الموجات اللاسلكية القصيرة .

راجع : James. B. Conant; Science and Common sense. by yale Univ. Press 1951 p.

صاغ أينشتين منهاجاً جديداً متحرراً من افتراضات العلماء السابقين ولكي يفعل ذلك كان لابد من أن يغير الأفكار التقليدية عن الزمان والمكان تغييراً أساسياً وهي أفكار لم يستطع أن يتحداها أحد منذ أزمنة سحيقة . إننا نعلم أن العلم منذ أرسطو وحتى عصرنا القريب يقوم على افتراض أن الزمان موجود وجوداً مطلقاً ، وكذلك المكان ، وبعبارة أخرى كان لا يدور بخلاف أحد أن طولاً من الأطوال أو مدة من المدة يمكن أن يختلفا باختلاف الأشخاص - فهما معطيان ثابتان مطلقان .

كان أينشتين يقول : إنني أؤمن الفكر مدى أشهر ، بل مدى سنين ، والنتيجة التي أتوصل إليها قد تكون خاطئة في تسع وتسعين مرة إلا أنني في المرة المائة أكون على صواب . ولذا كان يعبر أية آراء أو أفكار باهتمام كامل غير منقوص - فقد كان يعلم أن أعظم الاكتشافات الأساسية في ميدان العلوم الفيزيائية إنما تبدو في أول الأمر غامضة .

ومنذ وفاة أينشتين حتى الآن نجد تطوراً في فهم نظرياته ، فقد غدا كل جيل من الطلاب يجد نظرياته أسهل استيعاباً ، كما أن المفاهيم الخاطئة عن الكون التي ينبغي تصحيحها راحت تقل مع كل جيل ، ومع مضي الزمن حين يأخذ عدد الناس الذين يدركون معنى عمله بازدياد ، سيقبل تدريجياً الميل إلى اعتبار ألبرت أينشتين رمزاً للغموض .

أهم العالم أجمع بهذا العالم النابغة الفذ وعللت آراؤه ونظرياته - وكان الأساتذة في أكبر جامعات أوروبا وأمريكا يقولون عنها أنها أعمق النظريات التي لا يفهمها إلا عدد محدود وضئيل للغاية في العالم ، ويعتبر على رأس قائمة العلماء المعاصرين أصحاب الاكتشافات الهامة فهو أكبر أعمدة التقدم الفيزيائي في القرن العشرين بما أحرزته البحوث المستفيضة في طبيعة المكان والزمان والحركة والكتلة والطاقة وعن طبيعة الضوء أهو موجات أم هو جسيمات مادية ، وعن بحوث في التفتيت الذري للعناصر والكون المتمدد وبدايات الكون - هذه البحوث أدت بالعلماء إلى مشاكل وصعوبات حيرتهم في تفسير بعض هذه النظريات خاصة صعوبات التوفيق بين النظريات والملاحظات التجريبية .

تقدم ألبرت أينشتين بعدة نظريات وآراء بدت غريبة ، ثم ظهرت قيمتها العلمية فيما بعد وأثبتت تجارب الفيزيائيين والرياضيين صحتها وأهميتها ومن أهم نظرياته :

١ - النظرية الخاصة للنسبية . Special Theory of Relativity

٢ - النظرية العامة للنسبية General Theory of Relativity

٣ - نظرية المجال الموحد Unified field theory

والنظريات النسبية يمكن تفسيرها في كلمات قليلة بأنها محاولة لتفسير نتائج العلم الطبيعي وتنسيقه على أساس أن الحركة التي يمكن أن يلحظها الإنسان إنما هي حركة نسبية وهي وحدها النوع الوحيد من الحركة الذي يمكن اعتباره في بحث القوانين الفيزيائية وفي وضعها ، ويطبق أينشتين هذه النظرية على القوانين الكهربائية والضوئية ، فيجد أنه إذا أريد تطبيقها على هذه الظواهر وكذلك على قواعد الميكانيكا ، وجب تغيير قوانين نيوتن عن الحركة ، إن الفرق الذي يحدثه هذا صغير جداً في كل السرعات العادية ، ولكنه ليس بالصغير في بعض الظواهر الفلكية حيث كل شيء هائل وكبير ، ولا في الظواهر الديناميكية الكهربائية حيث كل شيء هائل ، صغير وكبير .

ولتبسيط فكرة النسبي والنسبية^(١)، يمكن القول أن كل شيء في الكون يتصف بالنسبية - أحجام الكائنات والجوامد وتعدادها ، نموها ، أعمارها ، تزايدها أو نقصانها - إذا تأملنا حياة الإنسان تتجلى فيها ظاهرة النسبية في قدراته وملكاته ، في ذكائه وفكره - في كل المتغيرات النسبية لحياته الفسيولوجية والتشريحية .

إنتهت فكرة الثبات المقارن التي تؤلف جزءاً من نظرتنا العادية للمادة وللحقائق الكونية ، فالنسبية تعتمد إلى حد كبير على التخلص من مفهوم فكر المطلق أو الثبات أو الدوام التي لم تعد نافعة إلا لطوائف العوام الذين لا يملكون إلا التصورات المسبقة والتي تمنعهم من فهم مايقوله أينشتين وحيث يترامى لهم أن معظم الأشياء على سطح الأرض دائمة وثابتة من وجهة نظر أرضية . عندما سئل أينشتين عن نسبية الزمن قال في مثال رائع : « إن الإنسان إذا قضى ساعة في جو هادئ مريح لبدت الساعات دقائق ، وإذا

(١) يقول برتراند رسل : ثمة مبدأ عام يهيب به نظرية النسبية ، وقد إتضح أن هذا المبدأ أقوى مايمكن أن يفترضه أي إنسان ، فإذا علمت أن رجلاً أغنى من رجل آخر مرتين ، فهذه الحقيقة تظل كما هي سواء قدرت ثروة كليهما بالجنهيات أو بالدولارات أو بأية عملة أخرى ، ستغير الأرقام التي تمثل ثروتهما ، بيد أن رقما سيظل دائماً ضعف الرقم الآخر ، وهذا الشيء نفسه يعود للظهور في الفيزياء - في صور أشد تعقيداً ، ولما كانت كل حركة نسبية فمن الممكن أن تأخذ أي جسم تشاء على أنه معيار الاسناد أو المعيار الأساسي Standard of reference وأن تقدر الحركات الأخرى جميعاً بالإشارة إلى هذا الجسم ، وكذلك تستطيع أن تقدر حركة جسم ما بوساطة أجسام اسناد مختلفة دون تغيير علاقتها مع الحركات الأخرى . ولما كانت الفيزياء معنية بالعلاقات عناية كاملة ، فلا بد أن يكون من الممكن التعبير عن قوانين الفيزياء جميعاً بارجاع الحركات كلها إلى أي جسم معين بوصفه معياراً .

راجع :

B. Russell, ABC of Relativity. Harper & Bros, Kegan Paul 1952

pp.10-18

قضاها مسهداً مفكراً لبدت الدقائق ساعات . وكذلك بالمثل فالزمن على كوكب الأرض غير الزمن على كوكب آخر فإذا كان عطارد يدور حول الشمس في ٨٨ يوماً فإن السنة هناك أقصر من السنة على الأرض - وإذا كان هذا الكوكب عطارد - يدور حول نفسه في ٨٨ يوماً فإن اليوم هناك يساوي سنة ، بمعنى أن طول اليوم العطاردي يساوي طول السنة العطاردية وهو تقويم يختلف عن تقويم الأرض . والإنسان على الأرض مكانه نسبي لأنه هو والأرض متحركان في الفضاء .

بذلك يكون الزمان مقداراً لا معنى له إذا لم ينسب إلى النظام الذي أشتق منه .

نشأة وهدف النظرية الخاصة للنسبية :

أثبت أينشتين عام ١٩٠٥ أن النظريات الفيزيائية تنسجم إذا أمكن إجراء تعديلات خاصة في الآراء التقليدية عن المكان والزمان ، وقد ضمن آراءه في النظرية الخاصة للنسبية - وقد سميت بالخاصة لأنها تنطبق فقط على المجموعات المتحركة بسرعة ثابتة - أو بعبارة أخرى على المجموعات القصورية . وكان ذلك من خلال بحث في موضوع الديناميكا الكهربائية للأجسام المتحركة .

ظهر هدف هذا البحث في مجلة ألمانية عام ١٩٠٥ كرسالة للعالم الألماني أينشتين تعرض فيه المؤلف في كثير من التفصيل الفني للأجابة عن السؤال الآتي وهو :

- هل يمكن صياغة قوانين الديناميكا الكهربائية بحيث تبقى هذه القوانين محفوظة بصورتها إذا انتقلنا من صياغة القوانين الفيزيائية الهامة في قالب لا يتأثر شكله بحركة المكان الذي تصاغ فيه . وضع أينشتين مبدأً جديداً جعله نقطة بدائية وسماه مبدأ « النسبية » وهو القول بأن القوانين الفيزيائية مستقلة عن حركة المجموعة التي تنسب إليها . وقوانين الديناميكا الكهربائية هي مجموعة من القوانين الأساسية كشف عنها البحث العلمي في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر واقرنت بأسماء أوم Ohm وفرادي^(٢) Faraday وكولوم

(١) العدد ١٧ من مجلة Annalar der Physik

وأيضاً Relativity : The Special and the General Theory. A. Einstein

1916 p.55

وأيضاً د. علي مصطفى مشرفة النظرية النسبية الخاصة . لجنة التأليف والترجمة والنشر القاهرة

١٩٤٥ ص ٥ - ١٣

(٢) ميكال فراداي (١٧٩١ - ١٨٦٧) كيميائي فيزيائي إنجليزي بدأ حياته صيباً عند مجلد للكتب في لندن ، وملاً فراغه بالتجريب الكهربائي وصحبه زميل إلى محاضرات السيد هفري دافى -

Coulomb^(١) و رالى Rayleigh^(٢) ومكسويل Maxwell

وقد توصل الأخير فى أواخر القرن التاسع عشر إلى وضع القوانين الفيزيائية فى صورة رياضية متناسقة محبوكة الأطراف تنسب إليه ، وتقرن بأسمه فيقال ... معادلات مكسويل للديناميكا الكهربائية .

ولما كان البحث العلمى آنذاك قد توصل إلى أن المادة ما هى إلا كهرباء - كما أهدى أيضا إلى أن صور الأشعاع قوامها الكهرباء أيضا . فإن معادلات مكسويل الكهربائية قد اكتسبت مكاناً رئيسياً بين القوانين الفيزيائية وصارت أساسا للبحث فى كتلة المادة والأشعاع وبذلك تغلغت بين ثنايا الكون وأصبح البحث فيها بحث فى صميم فلسفة العلم .

بقيت نقطة هامة ظلت تشغل بال العلماء فى صياغة مكسويل لقوانين الديناميكا الكهربائية هى : ما الذى يحدث لهذه القوانين إذا تحركت المجموعة المادية التى تشاهد فيها الظواهر الفيزيائية ؟

إن كلارك إمكسويل كان يجرى تجاربه فى معمل من معامل الفيزياء بالإنجلترا فإذا فرض أن باحثاً آخر عنده ما عند كلارك مكسويل من الأجهزة العلمية يجرى تجاربه هو أيضا فى معمل بمكان آخر على الأرض أو على كوكب من الكواكب متحرك بالنسبة إلى معمل مكسويل فهل يصل هذا الباحث إلى نفس المعادلات الرياضية التى وصل إليها مكسويل ؟ إن هذا السؤال يثير مبدأ فلسفياً من أهم المبادئ وأعمقها . هل لقوانين الفيزياء صفة الإطلاق أو العمومية ؟ وهل هى مستقلة عن الزمان والمكان وبالتالى عن الحركة .

== فواصلها حتى عين مساعداً فى المعهد الملكى Royol Institution لهمفرى . ومن هنا بدأ حتى صار أستاذاً ثم رئيساً للمعهد وأغلب بموته فى مجالات التحليل الكهربائى .

(١) شارل دى أوجستين دى كولوم (١٧٣٦ - ١٨٠٦) فرنسى - أول من قاس التجاذب والتنافر الكهربى كميًا واستنتج القانون الذى يحكمه - كان أستاذاً بأكاديمية العلوم الفرنسية عام ١٧٨٥ . والكولوم هو وحدة الشحنات ويعرف بأنه كمية الشحنة التى تمر فى مقطع معين لسلك فى ثانية واحدة إذا مر تيار مستمر قدره أمبير واحد فى السلك .

(٢) اللورد رالى (١٨٤٢ - ١٩١٩) الفيزيائى الأنجليزى ، تعلم فى كمبردج وورث اللقب عن أبيه عام ١٨٧٣ . كان استاذاً للفيزياء التجريبية فى كمبردج من عام ١٨٧٩ - ١٨٨٤ ، ثم انتقل إلى لندن أستاذاً بها ، واشترك مع وليم رمزى فى كشف غاز الأرجون ، نال جائزة نوبل لعام ١٩٠٤ . راجع :

D. Halliday & R. Resnick, Physics For students of science. Copyright London 1960

هكذا كان تفكير أينشتين عندما نشر رسالته عام ١٩٠٥ في الديناميكا الكهربائية للأجسام المتحركة ، من البديهي أن جزئيات المعرفة البشرية تختلف باختلاف الزمان والمكان وباختلاف الحركة فهل القوانين الفيزيائية ذاتها التي هي قضايا كلية ، هل هذه تختلف أيضا باختلاف الحركة أم أنها مستقلة عنها ؟

كان فكر علماء الفيزياء في أواخر القرن التاسع عشر يوحى بأن القوانين يلزم أن تكون مطلقة وأن شكلها يجب أن يبقى كما هو غير متأثر بالزمان والمكان بل أن معنى القانون الفيزيائي يتطلب على معنى التجرد والاطلاق .

كان العلامة لورانتز Lorentz^(١) قد أهدى قبل أينشتين ببضع سنين إلى وسيلة من شأنه جعل معادلات مكسويل تحتفظ بصورتها الشكلية غير متأثرة بحركة المجموعة المادية التي تنسب إليها

ونشر بحوثه في رسالتين أعوام ١٨٩٥ ، ١٩٠٤ في أعمال أكاديمية العلوم بأستردام وجد لورانتز أنه من الممكن لمعادلات مكسويل أن تحتفظ بشكلها إزاء حركة المجموعة التي تنسب إليها بشرط استخدام زمن محلي وطول محلي وكان بحثه محصورا في دائرة معادلات « مكسويل » ذاتها ومنصبا عليها . ومكسويل بانجلترا - لم يتفقا ولم يختلفا في معنى الزمن ومعنى الطول . أما رسالة أينشتين ذات المبدأ الجديد ونقطة البداية التي أسماها « النسبية » وهي القول بأن القوانين الفيزيائية مستقلة عن حركة المجموعة التي تنسب إليها .

معنى ذلك أن معادلات مكسويل وغيرها من قوانين الفيزياء يلزم أن تكون مستقلة عن الحركة وكل قول لايفي بهذا الشرط الأساسي لا يكون قانونا فيزيائيا بل يلزم تعديله وصياغته صياغة تتفق ومبدأ النسبية . خطوة جريئة لأينشتين جاءت موفقة . فاحتفاظ القوانين الفيزيائية بشكلها أو صيغتها مسألة ترتبط بعلم الجمال أكثر منها بعلم الفيزياء . فكما أن العين ترتاح إذا نظرت إلى جسم متماثل الشكل والأجزاء وترتاح أيضا لبقاء هذا التناسب إذا نُظر إليه من نواح مختلفة - كذلك الفكر البشري يرى في احتفاظ القوانين الفيزيائية بشكلها الرياضي واستقلالها عن الزمان والمكان مبعث إرتياح خاص ومظهر من مظاهر الكمال .

(١) هـ . أ . لورانتز : (١٨٥٣ - ١٩٢٨) عالم فيزيائي هولندي بذل جهداً في تطوير مفاهيم المجالين الكهربائي والمغناطيسي وتوضيحهما ، قاس النسبة بين شحنة الالكترون وكتلته من ملاحظة انحرافه في المجالين الكهربائي والمغناطيسي مجتمعين - بطريقة تختلف عن طريقة ج.ج. طومسون كما أنه أضاف اضافات جوهرية زادت نظرية مكسويل وضوحاً .

نسبية الزمان والمكان والحركة :

نسبية الزمان : Time Relativity

إن الحوادث التي تحدث في مكان واحد يسهل على من يقوم في هذا المكان أن يرتبها زمنيا من الماضي إلى الحاضر إلى المستقبل ولكن إذا كانت الحوادث الواقعة في أماكن متباعدة فكيف يمكن الحكم على تعاقبها الزمني ؟

نفرض أن عالما فلكيا شاهد خسوف القمر في تمام الساعة الحادية عشر مساءا والمسافة بين الأرض والقمر تقدر بملايين الأميال ، فالخسوف إذن لم يقع لحظة رؤية الفلكي ولا بد أنه وقع في لحظة سابقة لذلك ، ثم انتقل بسرعة الضوء ١٨٦,٠٠٠ ميل/ثانية . وعلى ذلك فقد مضت بعض دقائق بين وقوع الخسوف ورؤيته « لحظة مشاهدته » . وبفرض أن باحثا فلكيا آخر يعيش على كوكب آخر من المجموعة الشمسية - إن هذا الباحث سيلاحظ الخسوف في لحظة تختلف عن لحظة الباحث الأرضي وذلك بقدر اختلاف البعد بين الكوكب الثاني والقمر بالنسبة لبعد الأرض عن القمر

أن الآراء الفلكية إلى أوائل القرن العشرين كانت تسلم بوجود زمن مطلق يعم الفضاء الكوني وتنتظم فيه الحوادث متعاقبة بين الماضي والمستقبل - علما بأن بعض الأجرام يصل ضوءها إلى الأرض في بضع سنين وبعضها في ألوف السنين بل وفي ملايين السنين - وإذن فنحن نراها كما كانت منذ بضع سنين إن لم يكن من مئات أو آلاف السنين ومن ذلك يتضح أن القول بوجود زمن مطلق يشمل العالم بأسره يقتضى أن يختلف مظهر العالم إذا نظرنا إليه من أماكن مختلفة .

وبعبارة أخرى هل للماضي معنى الإطلاق ؟ وهل للمستقبل نفس المعنى مهما يكن المكان الذي نشاهد منه حوادث العالم ؟ إن علماء الفلك إلى أوائل القرن العشرين كانوا يجيبون عن هذا السؤال بالإيجاب وكانوا يعتبرون هذا مسألة بديهية يسلم بها .

المسألة ليست بهذه البساطة - اتفاننا على الماضي والمستقبل في دائرة الحوادث التي تحدث على الكرة الأرضية ربما يكون أمراً بسيطاً - أما اتفاق سكان كوكبين مختلفين على زمن فلكي يصل خبره إلى كل منهما في بضع أو مئات أو ألوف السنين فمسألة فيها نظر - هكذا أن لنا أن نتشكك في وجود زمان مطلق^(١) - وأذن فالزمن قياسه نسبي لا مطلق ،

(١) اعتقد نيوتن في الزمان والمكان المطلقين ، دون أن يرى ضرورة لتحويض ذلك الاعتقاد . والكون توفيقا لما يراه كائن في زمن . مطلق لآلعه له بالظواهر التي تقع فيه ، وفي حيز مطلق ثابت لا يعتريه التبدل وهو حيز الأبعاد الثلاثة في هندسة أقليدس ، كما اعتقد نيوتن بفكرة مطلقة أخرى وهي الكتلة Mass باعتبارها مقدارا ماديا لا يتحول مهما كانت حالة سكون الجسم أو حركته

إذ يقاس على وحدة معيارية نحن الذين جعلناها معيارا فرضنا فيه الثبات^(١). ولنترك الآن مشكلة قياس الزمن - لنسأل سؤالا عن ترتيب لحظات الزمن ترتيبا يجعل منها ما هو سابق وما هو لاحق فكيف نعرف أن حادثة أسبق في الزمن من حادثة ؟ نلجأ إلى الساعات - هذه الساعات أدوات لقياس الزمن ولا بد أن يكون الزمن مستقلا عن أدوات قياسه ، فلا بد أن تكون هناك وسيلة أخرى نستدل بها على تتابع لحظات الزمن فنمو البذرة وتفاعل أى عنصرين لتكوين مركب ، أمثلة تبين اتجاهها لا ينعكس ، وهذا حكم نتيجة المشاهدة - أى أن لحظات الزمن مرتبة سابقا فلاحقا وأن هذا الترتيب لا ينعكس^(٢) مهتدين في ذلك بالظواهر الطبيعية وطرائق سيرها - فإنما نقول شيئا نسبيا - ننسب الأمور بعضها لبعض دون أن يكون لها ما يفرض علينا صدقها بصورة مطلقة . ومن المشكلات التي أثارها أيضا أينشتين في نسبية الزمن . هل فكرة الزمان كونية أم مرتبطة فقط بكوكب الأرض ؟ فكلية « الآن » لا معنى لها إلا على الأرض - بل وفي بقعة محدودة من سطحها هي التي تحيط بها ، وكل كوكب له آنه المحدود

ولقد ناقش أينشتين تحديد الآنية ما هو - إنك لكي تعرف أن حادثة وقعت في مكان بعيد عنك - لابد لك من رسالة أو إشارة من هناك لتدلك على أن تلك الحادثة قد وقعت . لكن وصول هذه الإشارة إلى الحواس لم يكن في نفس اللحظة التي وقع فيها الحادث - إذ لابد للإشارة الصوتية أو الضوئية من زمن تستغرقه في الانتقال من مكان وقوع الحادثة إلى مكان استقبالها ، فكيف نقيس سرعة انتقال هذه الإشارات ؟ كيف نقيس سرعة الضوء من مكان إلى مكان آخر ؟ ثم نسجل زمن صدورهما وزمن وصولهما لنعرف المدة المستغرقة في انتقالها ونقسمها على المسافة بين المكانين فتكون السرعة ، لكن ذلك يقتضى وجود ساعتين إحداهما عند مكان الإرسال وأخرى عند الإستقبال ولا بد من ضبطهما معا لنعرف أنهما يدلان دلالة واحدة على طول فترة من الزمن وهذا نفسه يقتضى أن نعرف كيف نحدد الآنية لحادثين يقعان في مكانين متباعدين - أردنا أن نحدد معنى الآنية فلجأنا إلى قياس سرعة الضوء - ثم أردنا قياس سرعة الضوء فلجأنا إلى الآنية .

افتراضات أخرى كثيرة - والنتيجة ليس في وسعنا أبدا أن نقول عن أية حادثة تقع على الأرض أنها متآنية مع لحظة وصول الإشارة الضوئية إلى المريح ، وهذا ما يسميه أينشتين بنسبية الآنية وخلاصة القول أنه ليس في الكون زمن مطلق بحيث نقول عن الكون كله

(١) د. زكى نجيب محمود : نحو فلسفة علمية ... ص ٣٥٦ الأجلو - ١٩٥٦

(٢) محور الزمن له اتجاه واحد وهو الاتجاه الأمامى ولا يرجع إلى الوراء أبدا ، ومبدأ اللارجعة

Irreversability هذا يسيطر على حركة التطور في الكائنات جميعا وتسود فيه فكرة الإحتال -

فالحالة الأكثر احتمالا تعقب حالة أقل احتمالا من غير أن ترجع إلى الوراء .

معاً أنه في لحظة زمنية واحدة ، أى أنه كله في آنية ، لأن هذه الآنية نفسها نسبية رغم كل هذا فإنه من الصعب على إنسان الأرض أن يتقبل الفكرة القائلة بأن هذه اللحظة التي نسميها « الآن » لا تشمل الكون بأسره . فليس لدينا معيار ثابت للزمن يمكن أن يقيس زمن أى حادثة تحدث يقول برتراند رسل : المظاهر أن الزمن الواحد الشامل لكل شيء هو تركيبة (عقلية) شأنه في ذلك شأن المكان الواحد الشامل لكل شيء ، حتى لقد أصبح علم الطبيعة نفسه على وعى بهذه الحقيقة خلال المناقشات التي دارت حول النسبية .

نسبية المكان Space Relativity

سأل أينشتين نفسه ، هل يمكن تقدير وضع أى شيء في المكان ؟ وهل يمكن الإثبات المطلق بأن جسمًا يتحرك وجسمًا آخر ثابت لا يتحرك ؟ راكب يمشي على ظهر سفينة في عرض المحيط .. لو أردنا أن نقدر موضعه فسوف نحاول أن نقيس مكانه بالنسبة لمقدمة أو مؤخرة أو وسط السفينة فنقول أنه على بعد كذا من مقدمة السفينة .. ولكن هذا التقدير خاطيء لأن مقدمة السفينة ليست ثابتة وإنما هي تتحرك مع السفينة التي تتحرك بأكملها في المحيط .

إذن نحاول معرفة موضعه بالنسبة للأرض فنقول انه عند تقاطع خط طول كذا بخط عرض كذا - لكن هذا التقدير خاطيء أيضا لأن الأرض بأسرها تتحرك في الفضاء حول الشمس - والشمس تتحرك مع مجموعتها الشمسية كلها في الفضاء وهي لاتعدو أن تكون جزءا من مجرة هائلة .. وحتى بافتراض أننا أحطنا بكل مجرات الكون - لن يمكن تحديد المكان لأن الكون كله في حالة تمدد ... ولا سبيل لمعرفة المكان المطلق لأى شيء في الفضاء .. وإنما نحن في أحسن الأحوال نقدر موضعه النسبي إلى كذا وكذا أما وضعه الحقيقي فمستحيل معرفته - لأن كذا وكذا في حالة حركة هي الأخرى . لقد تبين لأينشتين أن البعد بين نقطتين على سطح الأرض قد يكون حقيقة مطلقة يسهل على أهل الأرض الاتفاق عليها - ولكن ما معنى البعد بين نجمين يبعد كلا منهما عنا بملايين من الأميال وهل يمكن أن نفترض أن سكان الأرض وسكان كوكب آخر سيقفان لاحتالة على مقدار هذا البعد . إن النظرية النسبية لأينشتين لكي تصل إلى كمال القوانين الفيزيائية ضحت بمبدأ القول بالزمان المطلق ومبدأ القول بالمكان المطلق - كما وجد من الضروري أن يسلب كلا من الزمان والمكان استقلاله وإطلاقه بحيث يختلف مشاهدان على مقدار البعد بين نجمين أو على الفترة الزمنية بين حادثين .

تجربة ميكلسون ومورلى أهم أسباب وضع النظرية الخاصة للنسبية :

قام ميكلسون ومورلى Michelson & Morley في ولاية كليفلاند بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٨٨١ بتجربة حاسمة مبدأها بسيط للغاية -- إذا غادر شخصان مكانهما وانطلق أحدهما في اتجاه الآخر - فلا بد أن يلتقيا بأسرع مما لو ظل أحدهما في مكانه بانتظار الآخر .

قاما العالمان ببناء جهاز حساس للغاية لدرجة أنه يقدر أى فرق في السرعة ولو بلغ جزءاً من ميل/ في الثانية رغم كبر سرعة الضوء وقد سموا هذا الجهاز باسم 'جهاز التداخل Interferometer' ويتركب من عدة مرايا مرئية بحيث أن شعاع الضوء يمكن أن ينشطر إلى شطرين ويتجهان في وقت واحد إلى اتجاهين متضادين ومن ثم أجرى العالمان تجربتهما التاريخية بالبالغ الدقة والإحكام ووصل الشعاعان معاً في وقت واحد بالضبط ولم يظهر أى فارق زمنى .

وقد أعيدت التجربة عدة مرات في أزمنة وأمكنة مختلفة وكانت النتيجة واحدة لا تتغير أى وقع ما لم يكن في الحسبان وهو أن الضوء ينتشر بسرعة واحدة سواء كان في اتجاه حركة الأرض أم عكس اتجاهها « وأنه لا فرق بين سرعتي الضوء في الاتجاهين » .

نسبية الحركة وسرعة الضوء :

كان من نتيجة التجربة أن جابهت العلماء صعوبتين : إما أن يستبعدوا نظرية الأثير رغم أنها فسرت كثيراً من الظواهر في الكهرباء والمغناطيسية والضوء ، وإما أن يخالفوا نظرية دوران الأرض، ونشأت بذلك مشكلة خطيرة انقسم فيها العلماء إلى قسمين متعارضين لمدة ربع قرن - إلا أن هذه التجربة سددت ضربة قاصمة لفكرة المطلق في الطبيعة فالأحوال والأبعاد أمور نسبية - كان أينشتين ممن ساهموا في حل الإشكال الناتج عن تجربة ميكلسون ومورلى فقد أدرك بنظرة ثابتة كون سرعة الضوء لا تتأثر بحركة الأرض فهي حقيقة ولا بد من اعتبارها قانوناً عاماً . إذ أنه إذا كانت سرعة الضوء ثابتة بالنسبة لحركة الأرض - فلا بد أن تكون ثابتة أيضاً بالنسبة لحركة الشمس أو القمر أو النجوم أو أى جسم آخر متحرك في الكون ، ومن ذلك استنبط أينشتين تعميماً أوسع وأكد أن قوانين الكون واحدة لكل الأجسام المتحركة بسرعة منتظمة وهذا القول البسيط هو روح النظرية النسبية الخاصة والتي جمعها في منطق قانون أساسى هو « أن كل ظواهر الطبيعة وكل قوانينها واحدة لكل الأجسام التي تتحرك بسرعة منتظمة بالنسبة إلى بعضها البعض » .

هكذا أوضحت تجربة ميكلسون ومورلى^(١) أن ظاهرة انتشار الضوء لاتتناقض على الإطلاق مع مبدأ نسبية الحركة بل توجد معه في تناسق واتساق كاملين .

وقد اتضح أيضا أن مبدأ نسبية الحركة يؤدي بشكل مباشر إلى نسبية السرعة إلا أن سرعة الضوء لاتتغير وبالتالي فهي ليست نسبية وإنما مطلقة .

نسبية الكتلة وتقلص الأطوال وتباطؤ الزمن :

توصل لورانتز قبل اينشتين بعشرة أعوام إلى أن التقلص في جميع الأجسام يكون في اتجاه سرعتها وكلما كان الجسم سريعا زاد تقلصه^(٢) (انكماشه) (ساعده في البحث فتراجيرالد Fitzgerald . لو طبق هذا الكلام على قطار طولى يزيد أو ينقص تبعا لسرعته ولنفرض أن طوله عندما يكون واقفا ٣٠٠ متر فإذا سار بسرعة ١٠٠ كيلو متر في الساعة فإن الفرق بين الطولين لايزيد عن جزء من بليون من الملى متر .

ولكن لنفرض أن هذا القطار أمكنه السير بسرعة خيالية تبلغ ١٠٠٠ كيلو متر في الثانية فإن النقص في طوله يصل إلى ١,٧ مللى متر وإذا استرسلنا في الخيال لنقول أنه إذا بلغت سرعته ثلث سرعة الضوء فإن النقص في الطول يصل إلى ١٧ متر وأخيرا يد لنا الحساب إلى أن طول القطار يتلاشى تماما أى يصبح صفرا - إذا سار بسرعة الضوء وبمعنى آخر أن سرعة الضوء هي أكبر سرعة يمكن الوصول إلى معرفتها في هذا الكون وإن كانت ثابتة لاتتغير إلا أن كل القياسات للزمان أو المكان تختلف تبعا لسرعة النظام الذى تتحرك فيه والمعادلة الرياضية التى بها يمكن حساب تلك الاختلافات تعرف بتحويلات لورانتز . وهذه المعادلة دون الخوض في تفصيلاتها الرياضية المجردة - تبين لنا نسبية الكتلة وتقلص الأطوال وتباطؤ الزمن .

(١) اعتمدت في عرضى لهذه التجربة على المراجع الآتية :

Bergmann, P., Introduction to the theory of relativity. New York, Prentice Hall, Inc 1942

الفصل الثالث من هذا الكتاب يحتوى على مقال عن قواعد النظرية النسبية المستخلصة من تجربة ميكلسون ومورلى في الظواهر الضوئية .

Dampier Sir W., A History of science. The macmillan Co., New York 1949 pp.416-428

العلاقة بين الكتلة والطاقة :

أوغل أينشتين في استنتاجاته الخاصة بنسبية الكتلة حتى وصل إلى أن كتلة الجسم المتحرك تزيد بزيادة حركته . ولما كانت الحركة صورة من صور الطاقة (طاقة حركية) فالكتلة المتزايدة للجسم المتحرك هي إذن طاقته المتزايدة . وبكلمة واحدة الطاقة هي كتلة . وانتهى إلى المعادلة

$$\text{الطاقة} = \text{الكتلة} \times \text{مربع سرعة الضوء} :$$

تقدم لنا هذه المعادلة الكثير من أسرار الفيزياء النووية وتكشف لنا حقائق أساسية عن الوجود الفيزيائي - فقبل نظرية النسبية كان العلماء يعتبرون الكون وعاء فيه عنصران متميزان هما « المادة والطاقة » العنصر الأول ساكن ويمكن لمسه ومن أكبر خصائصه أن له كتلة والعنصر الآخر عنصر فعال نشيط غير مرئي ولا كتلة له .

فجاء أينشتين وأعلن أن الكتلة والطاقة متعادلتان . فما الكتلة إلا طاقة مركزة وبعبارة أخرى أن المادة مكونة من الطاقة ، والطاقة مكونة من المادة وكل منهما حالة عارضة موقوتة بظروف معينة فحين تتحرك المادة بسرعة الضوء نسميها طاقة أو إشعاعا وإذا همدت الطاقة يمكن إدراك كتلتها فنسميها مادة^(١) . كما تشرح وتفسر لنا هذه المعادلة كيف تشع الشمس والنجوم الحرارة والضوء مليارات من السنين . دون أن تفقد كتلتها تدريجيا - لأنها في الواقع تزداد كتلتها في حدود نتيجة حركتها المتصلة وسرعتها الزائدة وهكذا دمج أينشتين قانون بقاء المادة وبقاء الطاقة عند نيوتن في قانون واحد أسماه قانون بقاء الكتلة والطاقة .

خلاصة قوانين النظرية الخاصة للنسبية :

يطلق على قوانين أينشتين الخاصة بالحركة والمبادئ العامة في نسبية المكان والزمان والكتلة والنتائج المتضمنة فيها بنظرية النسبية الخاصة والتي تتلخص في الآتي :

(١) د. علي مصطفى مشرفة : النظرية النسبية الخاصة لجنة التأليف والترجمة والنشر القاهرة ١٩٤٥ ص ٤٠ - ٤٣

Barnett, Relativity & Dr Einstein, pp.61-65

وأیضا :

Pollard. E., Davidson, Applied nuclear Physics. Johnwiley sons New York 1942

الفصل الخامس يناقش الكتلة والطاقة في التفاعلات النووية المنتجة للطاقة .

- في عام ١٩٠٥ وكان أينشتاين في السادسة والعشرين من عمره نشر بحثا استهله بنقاط خمس :
- ١ - انكار وجود شيء اسمه « الأثير » تتحرك الأجسام بالنسبة إليه حركة مطلقة إذ لو كان موجودا لأمكن اكتشاف آثاره .
 - ٢ - هاجم الفكرة السائدة عن المكان منظورا إليه كإطار ساكن مطلق يمكن التمييز فيه بين حركة مطلقة وحركة نسبية .
 - ٣ - أعلن أن سرعة الضوء يجب أن تكون واحدة ثابتة ولو لم تكن ثابتة لما وصل الشعاعان في تجربة ميكلسون ومورلي معا في وقت واحد . فسرعة الأرض لا تزيد من سرعته ولا تنقصها .
 - ٤ - النجوم والسدم والمجرات لا تعرف السكون وحركاتها لا يمكن وصفها إلا بنسبة بعضها إلى بعض ، إذ ليس في الفضاء اتجاه أولى من اتجاه ولا حد أولى من حد ، وليس فيه نجم كبير ونجم أصغر ونجم سريع ونجم بطيء ونجم عال ونجم واطيء بل فيه نجم أكبر من نجم ونجم أسرع من نجم ونجم أعلى من نجم فالمكان هو نظام علاقة الأشياء بعضها مع بعض فإذا لم يكن فيه شيء لم يكن شيئا .
 - ٥ - أن الضوء هو الوسيلة الوحيدة لنقل ظواهر الطبيعة من مكان إلى آخر ، ولما كانت سرعة الضوء محدودة وليست لانهاية فالزمان نسبي لأن الضوء ينقل الحوادث من مكان لآخر يستغرق وقتا ، إذن فلكل عالم زمانه المحلي الخاص به والزمان ليس إلا نظام الحوادث^(١) . وقد ألح أينشتاين على فكرة ذاتية الزمان .
- أثبتت النسبية الخاصة أنه لا يوجد معيار ثابت نحدد بفضله مكان شيء ما ،

(١) الحادثة : The Event

تصور الحادثة في علم الطبيعة المعاصر هو تصور العلماء المعاصرين أصحاب نظريات النسبية والكوانتم للمادة . كانت الحادثة تنفى قبل هذا التصور المعاصر أى شيء يحدث في وقت ومكان محددين مثل انفجار قنبلة أو لمعة ضوء أو وصول موجة ضوئية إلى جسم ما . أما الآن فتصور المادة تنحل إلى ذرات والذرة تنحل إلى مكونات أساسية كالإلكترونات والبروتونات وغيرها وينحل كل من هذه إلى مجموع حوادث . وليس الجسم إذا سوى مجموعة حوادث . وما يحدث في اللحظة واحدة .. هو الحادثة ، والعمليات الفيزيائية نسيج من حوادث ترتبط بعضها بعلاقات عليية فتؤلف وحدة لا ترى حوادث ، وإنما تستدل عليها من وجود آثارها على العين ، أو من صور شمسية ، وما نعرفه عن الحوادث ليس إلا قوانينها الرياضية ، ومن ثم فلم تعد المادة شيئا ، وإنما خصائص رياضية لعلاقات بين تركيبات رياضية معقدة مؤلفة من حوادث .

راجع د. محمود فهمي ريدان / في بحث غير منشور يجري الآن طبعه

ولأن نحدد المسافة بين جسمين ، ولا معيار ثابت يمكننا بفضلها أن نحدد الفترة الزمنية لوقوع حادثة ما على مستوى الكون كله . وإنما المكان والزمن والمسافة والحركة كلها نسبية ولذلك نتعبد وضع أى كوكب أو نجم أو تحديد زمن حركة . كلها أمور نسبية .

نعم لدينا معيار نموذجي لقياس الأبعاد المكانية التي تحدث بين الأجسام على الأرض والفترات الزمنية لحدوث الحوادث على الأرض لكن هذه الوحدة القياسية تختلف إذا كنا نتحدث عن حركات أو حوادث على النفس ، ووحدة مقياس ناكث إذا كنا نتحدث عن مجرات أبعد من الشمس هكذا .

كذلك الحركة لأمضى للحديث عن حركة الأرض حركة مطلقة وإنما حركة الأرض بالنسبة للشمس وحركة الشمس بالنسبة للنجوم وهكذا ...

والسرعة في الحركة نسبية لأن السرعة مرتبطة بالحركة والحركة تغير الوضع بالنسبة لجسم ما ، المكان والزمن ثابتان في وسط مكاني واحد لكن يختلفان إذا انتقلنا من وسط مكاني إلى آخر يتحرك بسرعة مختلفة .

لعل أينشتاين كان يسأل كيف نحدد مكان شيء ما - لكي نحدده يجب أن نحدده بالقياس إلى شيء ثابت ، لكن الكواكب والنجوم ليست ثابتة لأنها تدور حول بعضها بسرعة أكبر من سرعة حركة الأرض حول الشمس . ويقال نفس الشيء على فترات الزمن . حين نقول أن نجم الشعرى اليمانية Sirius يستغرق الضوء الصادر منه ٨,٦٥ سنة حتى يصل الأرض ، معنى هذا القدر من الزمن بمقاييسنا الأرضية ، لكن ليس لدينا حق في القول أن هذا المقياس هو الزمن الحقيقي . وإذا لازم أصدق من زمن . والزمن الحقيقي لعين وجود جسم في حالة سكون في المكان ، لكن لا معنى لوجود جسم ساكن . توجد أزمنة محلية أو نسبية يقدر ما توجد مجموعات من الأجرام السماوية تتحرك في المكان . فمحال أن نحدد مكان حادثة في زمن ما بطريق مطلق .

الفلك كعلم طبيعي معاصر

الفلك من أقدم فروع المعرفة إطلاقاً ، وربما كان هو أصلها قبل أن تتفرع إلى فروع وارتباطه وثيق بمراحل التطور الفكري للإنسان وحضارته ...

ولما كانت النظرية العامة للنسبية في اجمالها تتناول عالم الكيانات الفلكية المتناهية في الكبر Macrophysics في الفضاء الكوني الفسيح بما يشمل من كواكب ونجوم ومجرات وسدم ... أُلغِ رأيت أن أقدم لهذه النظرية العميقة بموجب تاريخي لتطور علم الفلك وبمقتطفات عن الكواكب والنجوم وما توصل إليه العلماء بهذا الخصوص عن الأرض والمجموعة الشمسية والقمر كتابع للأرض ليكون ذلك مدخلا سليما لتناول النسبية العامة .

موجز تاريخي لتطور علم الفلك :

إذا تتبعنا الرحلة العلمية للعقل الإنساني ، سوف نلمس علامات على طريق مسيرته الكبرى للتعرف على هذا الكون ، تعرفا علميا إنسانيا من نتائج العقل البشري .

كانت الحضارة المصرية القديمة من أولى حضارات الإنسان ، ومعها عرف الإنسان الكثير من أسرار السماء . ففيها عرف الإنسان التقويم والفصول الزمنية وشكل الأرض وبجانب معارفه تلك ، تطلع إلى النجوم والكواكب ، وكأنها آلهته مستقراً وسكناً . ولنضرب لذلك مثلاً بنجم الشعرى اليمانية Sirius الذي أعتبر مقراً للإله (أنوبيس) ، الإله المكلف بحساب الموتى وألمع نجم في السماء . كما أن الفراعنة كانوا يعتبرون الأرض مركزاً لكل هذا الكون الكبير . ثم جاء البابليون بحضارتهم ، فكانوا يربطون بين الكواكب وبين مصائر البشر . ولعل ذلك سبباً في أنهم شيدوا برج بابل من طبقات سبع ، كل طبقة منه تمثل كوكباً ، يتردد فيه كهنته ، وكذلك نشأ التنجيم ونشأت العرافة . ثم جاء بعدهم فلاسفة اليونان القدماء ، منذ أن كانت لهم فوق الأرض حضارة . ونهض علماء الفلك إغدرسوا بالملاحظة حركة الأجرام السماوية . وهنا ظهرت بعض الاختلافات عن سبقوهم ، إلا أن الأرض ظلت في نظرهم مركزاً للكون بأجمعه . ولقد كان الإغريق بحق ، هم أول من تركوا كتباً في العلم الطبيعي . في كتبهم الإعتقاد بأن الأرض قرص مستدير مركزه بلاد الإغريق ، وأن هذا القرص في حقيقته يطفو فوق الماء ، كما قال بذلك « طاليس » Thales الفيلسوف اليوناني وحيث ولدت لأول مرة الفلسفة الطبيعية ثم كانت بعد ذلك نظرية « فيثاغورس » Pythagoras تقول : أن الأرض كروية . ولقد جاء ذلك القول استخلاصاً من مشاهدة ظل الأرض المتكور على سطح القمر أثناء خسوفه . وأن الأرض تدور دورة كاملة في كل أربع وعشرين ساعة حول مركز ثابت هو النار المركزية

Central Fire

كان « فيثاغورس » أسبق من قالوا بكروية الأرض ، وبخبرتها على الإطلاق . كما ادعى الفيثاغوريون وجود أجرام تسعة سماوية لها ذات المركز . ثم هناك بعد ذلك جسم عاشر أسموه « الانتبخثون » أو الأرض المضاء المواجهة لأرضنا ، يعقب ذلك في مسيرة العقل البشرى علمياً نحو كمال الإدراك ظهور الفيلسوف العالم « أرسطو » Aristotle ، وتصوره للنسق الكوني على أساس من التجربة البسيطة والملاحظة ، وهو يبنى فلسفته على أساس قوله : أنه إذا ما أوقدت ناراً ، تصاعد منها اللهب عالياً خلال الهواء .. وأنتك إذا ما هزرت أرضاً (تراباً) وماء وهواء في وعاء مقفل ثم تركته برهة شاهدت فقائيع الهواء تتصاعد فوق السطح ، وأما الأرض (التراب) فتسقط حيث القاع . ثم هو يخلص من بعد ، إلى أن الأرض بناء على ذلك تكون أثقل العناصر الأربعة ، ويكون مقرها بداهة هو القاع . « قاع هذا الكون » ونتيجة لفلسفته تلك التي يشترك بها مع رأى أنكسمندريس Anaximanders فالأرض لابد أن يكون مكانها المركز ، وأن تكون هي مركز الكون ثابتة ، وأن تتحرك الكواكب والنجوم من حولها حركات سنوية .

وينتقل بعد ذلك مركز العلم الإنساني ومقل الفكر البشرى في مسيرته الكبرى إلى أرض الاسكندرية القديمة وجامعاتها المشهورة آنذاك ، فيما يسمى بالعصر الهيليني ، وفيها يرى « أرسطارخوس » Aristarchus الساموسى الشمس مركزاً للكون بدلاً من الأرض . وأن الأرض والكواكب تسبح من حولها في أنفلاك .

ولقد أثبت أن الأرض تدور حول محورها مرة كل ٢٤ ساعة وحول الشمس مرة كل عام . وأن الشمس لا الأرض هي مركز الدوران وهي ثابتة لاتتحرك .

ويستمر ازدهار العلم السكندري القديم ، ويخرج من بين علماء جامعها هيبارخوس Hipparchus ليقول بنسق آخر للكون تدور فيه الشمس حول الأرض ، وفي تلك يتمركز بعيداً عن مركز الأرض ذاتها وأن الحركة الظاهرية للشمس ، إنما تنتج من دورانها حول فلك آخر .

ولقد توصل الهنود الأقدمون كذلك بعلمهم إلى أن الأرض كروية وغير ثابتة . إذ يقول عالمهم « أرباهاتا » Arba - Bahata أن الأرض بدورانها ، هي التي تحدث كل يوم ظهور الكواكب والنجوم من الشرق واختفائها في الغرب .

ثم في الاسكندرية أيضاً نشر « بطليموس » C. Ptolemy كتابه القيم الذي ترجمه إلى العربية ثابت بن قرّة^(١) في القرن الثامن تحت اسم « المجسطى » وفيه يعود ليجعل الأرض

(١) ثابت بن قرّة (٢٨٨ - ٩٠٠ م) نخب في الطب والرياضيات والفلك والفلسفة ووضع فيها جميعاً

مركزاً للكون ساكنة ثابتة ، ومن حولها الكواكب والنجوم تدور بانتظام . ثم جاء بعد ذلك من بين المهنود من خالف عالمهم « أربابها » ولكنه خالفه في القول متأثراً فيما يبدو ببطليموس السكندري إذ تراه يقول بثبوت الأرض ودوران الشمس .

وللعرب أيضاً دور في مسيرة العلم هذه ، بعد أن ورثوا الحضارات القديمة منذ الفتح الإسلامي وإنما لنجدهم قد سلموا جميعاً بكروية الأرض وإن اختلفوا في مسألة حركتها . ومن علماء العرب في ذلك الشأن ، أبو الريحان^(١) البيروني الذي يقول : إن النظريتين - نظرية الثبوت أو الحركة نظريتان متكافئتان بكانيهما تفسر الأرصاد الجوية ، وأنه لمن الصعوبة بمكان ترجيح إحدهما على الأخرى . كذلك في النصف الثاني من القرن الرابع الهجري ، نجد الفلكي العربي « أبا سعيد بن عبد الجليل السنجري » من بين من قالوا : أن الأرض متحركة . وأن الكون بما فيه السبع السبعة السيارة ثابت .

بعد ذلك كانت رحلة مجلان Magellan الشهيرة في عام ١٥١٩ حول الأرض ، ثم الاكتشاف البحرية في المحيطات والبحار مما حفز المشتغلين بعلم الفلك إلى مزيد من الدراسات عن الكون الغامض ولكنه أوحى إلى الفكر الأوروبي أن يؤثر العقيدة والإيمان على الفهم والتطلع .

ثم في عام ١٥٤٣ وضع الفلكي كوبرنيك Copernicus نظريته التي كانت بمثابة ثورة على النظريات السابقة إذ أعلن فيها أن الشمس هي الثابتة وأن الأرض متحركة ، وأن الشروق اليومي إنما هو نتيجة لدوران الأرض حول محورها مرة كل يوم من المغرب إلى الشرق . ولما كانت العقيدة والإيمان قد أصبحتا لهما السيطرة الكاملة على العقل في ذلك العصر ، فلقد لاقى تلك النظرية معارضة قوية ، إذ يكفي أن يقال فيها أن الأرض تتحرك ، حتى يكون لهذا القول دويه ، كيف لا وهي تناقض ما ورد في كتب الفلاسفة من الإغريق القدماء . وماهى محاكمة الكنيسة لجاليليو Galileo في أوائل القرن السابع

== مؤلفات قيمة - حسب طول السنة النجمية فكانت أكثر من الحقيقة نصف ثانية . من كتبه في الفلك « كتاب في تسهيل المجسطي » وآخر « في التدخل إلى المجسطي » . ونالت « في علة الكسوف » ورابع « في أشكال المجسطي » وخامس « في حركة الفلك » .

(١) أبو ريحان محمد بن أحمد البيروني (٩٦٣ - ١٠٤٨ م) الفلكي والعالم العربي صاحب كتاب « القانون المسعودي في الهيئة والنجوم » كما كتب رسالة أخرى عنوانها « التصحيح لأثر صناعة التنجيم »

راجع : د. محمد جمال الدين الهندى . « الفضاء الكونى » المكتبة الثقافية العدد ٣٧ سنة

١٩٦١ ص ٤

أيضاً : د. عبد الحليم منتصر . « تاريخ العلم » دار المعارف ١٩٦٩ ص ٣٧

عشر عندما دافع عن تلك النظرية . تدل دلالة واضحة على المدى الذى بلغه الكبت فى ذلك العصر . ولكن أنظر إلى كوبرنيق يدافع عن نظريته فيقول : « فى هذا المبدع الكبير من ذا الذى يستطيع أن يضع تلك الشعلة المضئية فى مكان آخر سوى المركز ، حيث تضىء كل الأشياء فى وقت واحد . فهذه الشمس هى نور العالم بل هى روحه ، بل هى التى تتحكم فيه وهى جالسة على عرشها القدسى . ترشد أسرة الكواكب جميعها إلى طريقها » . وتعد هذه النظرية حدا فاصلا بين الفكر المقيّد والفكر المنطلق ، وهى عتبة من عتبات عصر العلم الطبيعى الحديث . كيف لا وهو يعتبر أن الأرض ليست سوى كوكب ضئيل لنجم صغير فى جسد لانهاى من النجوم . وأن قولاً كهذا القول ، وفى عصر كذاك العصر هو الفكر الصادق وهو المنطلق بعد ذلك لعلماء كبار من أمثال كبلر Kepler الذى أعلن قوانينه عن حركات الكواكب والتى استخدمها نيوتن Newton بعد ٧٥ عاماً فى الوصول إلى نظريته المشهورة عن الجاذبية . ثم بعد ذلك ، والعلم مسيرة بدأت بخطوة أعقبها قفزات ، جاء العالمان ليفريه Liverier فى فرنسا وآدمز Adams فى إنجلترا وبمساعدة قوانين الجاذبية تلك ، استطاعا أن يفتشا فى الكون ويخرجنا لنا كوكبا جديدا من بين مالا حصر له من الكواكب غير المعروفة بعد ، وسمياه نبتون Neptune - كوكب لم يكن معروفا من قبل ليضاف إلى رصيد البشرية عن معرفة الكون . أكتشفاه بمجرد الحساب وعلى الورق ، ثم بالتطبيق العملى لتقديرهما وحساباتهما شوهده الكوكب فعلا فى مرصد من مرصد برلين . فى ليلة الثالث والعشرين من شهر سبتمبر ١٨٤٦ ، كما كان متوقعا ، وكما حدده مكتشفاه على الورق تقريبا . وفى نهاية القرن التاسع عشر ، أدخل التصوير الفوتوغرافى فى علم الفلك . وكان ذلك بداية ثورة فى الدراسات الفلكية .

توالى الدراسات لتكشف عن النجوم والكواكب فى حنايا الكون الغامض . ولتكشف لنا عن آفاقه الرحبية ونظامه البديع سبحانه مدبره الأعظم . وكانت أقرب المحاولات الملموسة لنا فى مصر هى ما أدت إلى إمكان تصوير كوكب جديد فى التاسع عشر من شهر مارس ١٩٣٠ ذلك هو الكوكب بلوتو Pluto الذى شارك العالم المصرى المرحوم الأستاذ الدكتور محمد رضا مندور بأعماله فى مرصد حلوان .

وقد ثبت أن المسافة بين النجوم والكواكب فى عالمها الكبير لاتقاس بوحدات القياس العادية . على سطح الأرض ، ونعنى بها الكيلومتر والميل مثلا - بل بوحدة قياسية أخرى هى الوحدة الفلكية للمسافة وهى عبارة عن المسافة المتوسطة بين الشمس والأرض وطولها (١٤٩,٥)^(١) من الكيلومترات كما أنه قد تستخدم السنة الضوئية مقياسا كونيا . وهذه الوحدة هى المسافة التى قطعها الضوء فى سنة كاملة بسرعته المعروفة ١٨٦,٠٠٠ ميل/ثانية .

المجموعة الشمسية : Solar System

نحن فوق كوكب صغير من بين مجموعة من المجموعات الكونية تسمى المجموعة الشمسية^(١)... وهذه واحدة مما لا عد له من المجموعات الكونية . يتطلب فهم الكيفية التي تجمعت بها تلك المجموعات الإلمام بالكثير من فروع العلوم الطبيعية المعاصرة كالنظرية الحركية للغازات والديناميكا الحرارية والنشاط الإشعاعي ونظرية الكوانتم^(٢).

إن المسافة التي تفصل المجموعة الشمسية - التي نحن البشر فوق أحد أفرادها - عن أقرب النجوم إلينا هي مسافة تساوى ٤,٣ سنة ضوئية^(٣)، مسافة جد كبيرة ، فما عالم المجموعة الشمسية إلا جزءاً صغيراً جداً من هذا الكون . في هذا الفضاء اللانهائي الغير محدود بعلمنا والمحدد بعلم الله والنجوم غير مستقرة في الفضاء الكوني ، ولا هي ثابتة ساكنة . إنما هي تنتقل فيه وتتحرك بسرعة تبدو لنا صغيرة بسبب بعدها العظيم . تماماً كما تبدو سرعة الجبال البعيدة لراكب القطار إذا ما قورنت بسرعة أعمدة التلغراف القريبة ، وهي تمر أمام الراكب في سرعة خاطفة .

حقاً أن عظمة الكون . لا يمكن أن تخطر على عقل بشر عاды ، ففيه ملايين السدم بكل سديم Nebula ملايين النجوم Stars ولكل نجم من تلك النجوم العديد من الكواكب والتوابع Satellites ومع كل هذه الكثرة والحشد الهائل من نجوم وكواكب ومذنبات Comets يبدو الكون بعد ذلك أمام عيوننا ومناظيرها . وأمام كل ماتوصل إليه العقل البشرى من اختراعات يبدو فارغاً أو هو كالفارغ ، ولقد شبه أحد العلماء زحمة الكون بهذه الأجرام السماوية العديدة والمختلفة الحجم ، بأن تصور وجود عدد من ثمار البرتقال مثلاً واحدة في كل من قارات الأرض وأما ما بين هذه الثمار من مسافات فإنما هو المسافات بين القارات . فإذا ما تصورنا أن هذه الثمار ستتحرك في أى اتجاه على سطح اليابسة ، فهل هناك ثمة احتمال في أن تتلاق تلك الثمار أو تصطدم وكذلك هو الكون العظيم . فضاء فارغ رغم بلايين الأجرام السماوية ، لما يفصل بينها من مسافات شاسعة

(١) إذا أخذنا المسافات الكونية معياراً للقياس بدت الأرض والنظام الشمسى بأكملة شديدي الضآلة ذلك أن هذه المسافات تقاس بالسنوات الضوئية . وهي المسافة التي تعطيها الضوء في سنة أى حوالى ١٠ مليون مليون كيلو متر . ويتكون النظام الشمسى من الشمس والمواد التي تدور حولها . الكواكب والأقمار والكويكبات والنيازك والمذنبات والغاز والغبار . وتدور معظم هذه المواد حول الشمس في اتجاه واحد وعلى نفس المستوى

(٢) سيمون وسكاتر ، وآخرون . الأرض كوكب ترجمة د. على على ناصف مراجعة د. مصطفى كامل الألف كتاب العدد ٣٥٨ سنة ١٩٦٧ ص ١٤

(٣) سنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة = ٦ مليون مليون ميل

وبعض النجوم التي نراها ساطعة في غسق الليل ، إنما تبعد عنا مئات الألوف من ملايين الأميال وأن بعضها فيما يقال ، لم يصلنا ضوءه بعد . لم يصلنا ضوءه منذ كان في بدء الخليقة . ولو رجعنا إلى سرعة الضوء في الثانية الواحدة ونحسب ونحدد المسافة إن أردنا . ولا يعد الفضاء البعيد فراغا بأى حال من الأحوال . فلقد اتفق الفلكيون على أن فضاء ما بين السيارات الكونية ممتلئ بغاز رقيق للغاية ، مكون من جزيئات يدور كل منها حول الشمس في مدار خاص به . كما توجد أيضا جسيمات من التراب ، وكأنها سيارات ضعيفة وصغيرة وهى ما ترى في ظروف مناسبة مكونة لما يعرف بشفق البروج ، ذلك الضوء الخافت الذى ينبعث من الشمس ويمتد في المستوى الذى تدور فيه السيارات أو الكواكب مكونا تلك البروج . والتراب والغاز هما المادة التى تكونت منها السيارات والكواكب أصلا . وعندما تكونت المجموعة الشمسية مثلا ، تخلف التراب والغاز كما تخلف أوراق الزرع بعد تقليم الأرض . بعناية . كذلك فإن الفضاء بعيد عن حدود المجموعة الشمسية ، ليس أيضا فراغا إذ ربما تكون كمية المادة الموزعة في فضاء ما بين النجوم تعادل كمية المادة التى تتكون منها كل النجوم مجتمعة بل أنه ليقال أن الفضاء الكونى فيما بين المجموعات النجمية ، ذاك الفضاء المظلم الرهيب الذى يفضل عن أقرب نجم لنا عشرات الآلاف من السنين الضوئية توجد فيه على ما يقول العلماء ذرات متفرقة ومتباعدة معظمها من غاز الأيدروجين . وتذهب إحدى النظريات الوضعية عن نشأة الكون ، والتى تعرف بنظرية الخلق المستمر للعالم الفلكى الروسى أوتوشميت Otto schmidt إلى أن ذرات الأيدروجين تلك تخلق على الدوام من أعماق ذاك الفضاء البارد الساكن المظلم الرهيب ، والموجود بين المجموعات النجمية الكثيرة في اتساع هذا الكون . وهى تأتى على ما تقول به تلك النظرية من مصدر مجهول وبطريقة أيضا مجهولة وفي مدى يبلغ عدة بلايين من السنين ، حيث تتجمع تلك الذرات وتتكاثر بالتدريج مكونة نجوما ومجموعات نجمية .

ولقد وجد أنه في فضاء ما بين الكواكب توجد جسيمات ذات حجوم كبيرة ولا يعلم الفلكيون حتى اليوم متوسط عدد تلك الجسيمات الكبيرة التى يحتويها الميل المكعب من الفضاء والتى تسمى بصخور الفضاء وهى متفاوتة في الحجم والتركيب من التراب الناعم إلى النجيمات الصغيرة . وعلى فترات متباعدة يصطدم بجو الأرض واحد من تلك الأجسام الصغيرة أو الكبيرة مندفعاً فيه إلى مئات الأميال وكأنه قذيفة سريعة مشتعلة يزيل احتكاكها به معظم مادتها فيحيلها أحيانا إلى تراب وغاز من جديد وأحيانا أخرى تصل القذائف إلى الأرض . فتكون عينات فريدة للمادة الموجودة في الفضاء الكونى وما بين السيارات . ذلك يبلغ علم الانسان وما أوتي من العلم إلا قليلا .

النجوم والكواكب Stars & Planets

إذا نظرنا إلى السماء نهاراً لا نرى إلا الشمس - وإذا تأملنا السماء ليلاً وجدناها تزدهان بالنجوم التي لا تتساوى في حجمها ودرجة لمعانها ، تنجىء من الشرق وتذهب من الغرب جميعها تمر بالنجم القطبي كما يسميه الفلكيون . وهذه النجوم لا تتجاوز السنة آلاف نرى نصفها بالمقربات Telescopes ليلاً والنصف الآخر لا ترى لشدة الشمس . منظر النجوم بالسماء يختلف باختلاف الراصد ومكانه وزمانه من سطح الأرض - فالأرض كروية الشكل . إن عدد ما يمكن رؤيته بالعين المجردة ٦ ستة آلاف من الأجرام السماوية . هذه الأجرام نسميها النجوم وهي في حقيقتها شموس من حيث طبيعة تكوينها وتركيبها وهي تبدو صغيرة بالنسبة للشمس - إلا أنها أبعد من الشمس - يصل الضوء من الشمس إلى الأرض في $\frac{1}{8}$ دقيقة ويصل من أقرب النجوم بعد ذلك في أربع سنين ونصف .

يقدر ما يمكن كشفه من النجوم بواسطة أكبر مقربات في العالم وهو مقرب « مونت بالومار » Mount Palomar بأمریکا والذي يبلغ قطر مرآته ٢٠٠ بوصة بالآف كثيرة من الملايين من النجوم . وهناك أجرام لا تتلألأ بالضوء كالنجوم وليست ثابتة في مواقعها بل تتحرك وترسم مسارات لولبية بينها - عرفها الفلكيون على مر العصور وهي الكواكب السيارة التسعة . عطارد Mercury الزهرة Venus والأرض Earth والمريخ Mars والمشتري Jupiter وزحل Saturn ويورانوس Uranus ونبتون Neptune وبلوتو Pluto نراها بانعكاس ضوء الشمس على سطوحها ولها أقمار تدور حولها كما يدور القمر حول الأرض .

والأرض كوكب يدور حول الشمس - لكنها ليست الكوكب الوحيد - إذ يدور حول الشمس التسعة كواكب السيارة - تتفاوت هذه الكواكب في أحجامها - فالمريخ أصغر من الأرض والمشتري هو أكبر الكواكب ، وبلوتو هو أبعدا عن الشمس . وبعض الكواكب توابع Satellites تتبعها في حركتها فالقمر يتبع الأرض والمريخ تابعان وللمشتري اثنا عشر تابعا ولزحل عشر توابع وليورانوس خمس توابع ولنبتون تابعا ..

الأرض والقمر Earth & Moon

إذا نظرنا إلى الأرض التي نحيا عليها بالنسبة للكون المترامي ، بدت لنا وكأنها ذرة من

(١) نظرية الخلق المستمر Continuous Creation Theory نادى بها هرمان بوندى H. Bondi وفريد هويل Freud Hoyle في الخمسينات مؤيدين بها أينشتاين إلا أن الكون عندهم يتجدد باستمرار إذ تنفى درات ويحل محلها غيرها إلى ما لا نهاية .

الصخر والمعدن ، هي الكوكب الثالث في النظام الشمسي إذا بدأنا العد من الشمس التي تدور الأرض حولها بسرعة ٢٩,٨ كيلو متر في الثانية وهو متوسط الزهرة والمريخ وتقع على أنسب مسافة من الشمس ١٤٩,٥٧٣,٠٠٠ كيلو متر فهي لا تتلظى بنار الشمس ولا تتجمد في برد بلا آخر .

الأرض كرة كبيرة يبلغ قطرها ٧٩٢٠ ميلا ومحيطها ٢٤٨٨٠ ميلا إلا أنها ليست كاملة الاستدارة إذ ينقص قطرها الواصل بين قطبيها عن قطرها الاستوائى بمقدار ٢٨ ميلا .

استدل القدماء على كروية الأرض من رؤية قلاع المراكب المقتربة من الشاطئ قبل جسمها ، كما تمكن « ماجلان » Magellan من الطواف حول الأرض بمركب وعاد صاحبه إلى المكان الذي بدأت منه الرحلة - وتمكن الاغريق من مشاهدة خسوف القمر - وتبين لهم أن حد ظل الأرض على القمر مقوس ، ولايتنج ذلك إلا إذا كانت الأرض كروية .

ومن البراهين الفلكية على كروية الأرض ، رؤية النجم القطبي بارتفاعات تختلف باختلاف موقع الراصد فإذا كانت الأرض مستوية لرئ النجم القطبي على ارتفاع ثابت من جميع بقاع الأرض .

تدور الأرض حول نفسها مرة في اليوم وفي الوقت نفسه تسبح في الفضاء حول الشمس بسرعة كبيرة (تقدير بـ $18 \frac{1}{4}$ ميل / ث) وتم دورة كاملة في سنة - ويبلغ متوسط بعد الأرض عن الشمس ٩٣ مليوناً من الأميال أما وباطن الأرض فمازالت أجهزة قياس الاستشعار من بعد تعمل في كل مراكز بحوث العلم المتقدمة والتي تشير إلى أن درجة الحرارة تزيد إلى الداخل بمعدل درجة مئوية كل ١٠٠ متر تقريباً. وتكوين القمر شديد الشبه بتكوين الأرض ، ويبدو من تحليل صخوره أنه يتضمن نسبة من التيتانيوم والكروم والزركونيوم أكبر مما يوجد في قشرة الأرض ، وهو ما يوحي بأن القمر تكون بمعزل عن الشمس ، ولعله نشأ نتيجة لتجميع جزئيات جامدة أسبق زمناً . على سطحه حفر عديدة ناجمة عن سقوط المذنبات وارتطامها به ، وهناك مناطق مضيفة جبلية ترجع إلى القشرة الأصلية ، أما المناطق القائمة فهي أحواض تكونت منذ ٣٦٠٠ مليون سنة نتيجة للتصادم وامتلاأت بمصهور البراكين .

وقد دلت الدراسات المرصدية للزلازل على أن باطن الأرض يتكون من كرة ملتفة مركزية تتكون من المعادن الثقيلة كالحديد والنيكل يعلوها طبقة من الصخور الثقيلة

يعلوها طبقة جرانيت صخرية وتقدر كتلة الأرض بستة آلاف مليون طن . وعمر الأرض الجيولوجي هو ٢٥٠ مليون سنة عمرها الفلكي ٤٥٠٠ مليون سنة .

يحيط بالكرة الأرضية غلاف هوائى يتكون فى الطبقات السفلى مزيج من الأكسجين والنيتروجين بنسبة ٢٠,٩٥ ٪ ، ٧٨,٠٧ ٪ من حيث الحجم على التوالى ويمتزج مع هذين الغازين عدة غازات أخرى بنسبة ضئيلة لاتتجاوز ١ ٪ من حيث الحجم أهمها الأرجون وثانى أكسيد الكربون والأيدروجين والهليوم وبخار الماء وغاز الأوزون .

وقد تمكن العالم « بيكار » Becker من الحصول على عينة من الهواء على ارتفاع ١٦ كم/متر وتحليله لم يكتشف فرقاً يذكر بينه وبين الهواء القريب من سطح الأرض .

وهكذا يعتبر الغلاف الجوى معملا مثاليا للدراسات الفيزيائية والكيميائية المتنوعة ، فلا غرابة إذن أن يسعى العلماء إلى استكمال معلوماتهم عنه ما وجدوا إلى ذلك سبيلا ، وقد اهتم الفلكيون به إذ أن الأشعة التى تنبعث من الأجرام السماوية تخترق هذا الغلاف قبل أن تصل إلينا . أما القمر من وجهة النظر الفلكية هو جرم صغير جدا تربطه بالأرض قوة التجاذب بينهما وهو تابعها أو هو التابع الوحيد للأرض وهو أسير الجاذبية الأرضية . قطره يعادل $\frac{1}{4}$ قطر الأرض - ونظرا لصغر كتلته بالقياس إلى كتلة الأرض فقوة الجاذبية على سطحه تعادل $\frac{1}{6}$ مقدار الجاذبية على سطح الأرض - مما يفسر أن القمر ليس له جو وبالتالي فإن الحياة على سطحه كما نعرفها لاتوجد - والقمر يواجه الأرض دائما بوجه واحد ويدور حول الأرض مرة كل شهر - أى يدور حول نفسه مرة كل شهر^(١) - ولذا تظل أى نقطة على سطحه تتلقى بضوء الشمس أسبوعين كاملين وتصل إلى ما يقرب من المائة درجة مئوية - أما الأجزاء التى يحبس عنها ضوء الشمس فنجد أن البرودة تبلغ مائة درجة تحت الصفر - من أجل هذا يرى الفلكيون أن القمر عالم ميت لا حياة فيه . وقد تبين أن ظاهرة المد والجزر Tides ترجع فى أساسها إلى القمر . رغم أنه كان ولا يزال مصدر الوحي والإلهام للشعراء والأدباء .

الشمس والطاقة : Sun & Energy

أدرك الصينيون القدامى والبابليون والمصريون أهمية الشمس كمنبع للضوء والحرارة - وأقاموا لها المعابد واعتبروها إلهاً عظيماً - رغم أنها كانت شيئا غامضا بالنسبة لهم وحتى يومنا هذا بالرغم من أن الفلكيين قد عرفوا مكان الشمس فى سديم المجرة وتوصلوا إلى

(١) الشهر القمري $\frac{29}{8}$ يوم

د. محمد على العربى « القمر » دار المعارف ١٩٦٢ ص ١٢٦

تركيبها الكيميائي والطبيعي وبحوثها في الطريق الذرية لفهم الطاقة الشمسية إلا أنه لازالت هناك أسرار كثيرة تحتاج إلى ارساد ومراكز بحوث كثيرة ومتنوعة . ولقد أثبتت كل بحوث المعرفة العلمية أن الشمس هي منبع الحرارة والضوء اللازمين لحياة الحيوان والنبات على السواء - وإليها يرجع الفضل كله في بقاء الجنس بجميع أنواعه وتتضاءل أهمية الأجرام الأخرى بالنسبة إلى الأرض إذا ما قوررت بالشمس .

ومن المعروف أنه إذا بعدت الشمس أو قربت ولو بقدر طفيف عن الأرض لتغيرت كمية الطاقة التي تصلنا منها - ولكانت الطامة الكبرى لجميع الكائنات الحية . والشمس قرن ذرى يحول الهيدروجين إلى هيليوم ، فيطلق كميات هائلة من الطاقة . وهي تبعد عن الأرض بمسافة ١٥٠ مليون كيلو متراً .

وينظر الفلكي للشمس على أنها نجم متوسط الحجم أكبر من بعض النجوم الأقزام وأصغر بكثير من النجوم العملاقة - فإذا ما قارنا الشمس بالأرض فالشمس عملاق كبير - والمعروف أن كتلتها التقديرية أكبر من كتلة الأرض ٣٣٠,٠٠٠ ألف مرة - ولا يميز الشمس عن أخواتها النجوم سوى قربها من الأرض - فقد ساعد هذا القرب على دراسة سطحها ومحاولة معرفة مايجرى عليه من أحداث - بعضها ثابت وبعضها يتغير من يوم إلى يوم ومن لحظة إلى أخرى . والشمس هي التي تنظم حركة الأرض وأخواتها الكواكب وأبنائهم التوابع فهي تجذب كل هذه المجموعة بقوة هائلة - فتحافظ على سير كل منها في مداره .

إن الشمس تسبح في الفضاء بسرعة فائقة تبلغ ٢٢٠ كيلو متر في الثانية ، ومن حولها السيارات والأقمار في اتجاه النجم المعروف « برأى الجاني » وذلك في حركتها الدورانية نحو مركز المجرة Galaxy إن جميع أنواع الطاقة التي عرفها الإنسان على وجه الأرض - يرجع أصلها إلى الشمس مصدر جميع الطبقات . متوسط درجة حرارة باطنها ٢٠ مليون درجة مئوية وعلى السطح حوالي ٤ مليون درجة .

فبدون اشعاعها تستحيل الحياة على الأرض - ومن ثم أصبح من الضروري دراسة الشمس دراسة فلكية ومنظمة لمعرفة مايدور فيها ومدى تأثيره على الأرض - والاستفادة من جزء ضئيل من منابع طاقتها الإشعاعية الجبارة بشتى الوسائل - فالقدر الذي يصل إلى

(١) قدر جيمس جينر ثمن الطاقة التي تستمدتها الأرض من الشمس في الثانية الواحدة بنحو مائتي مليون جنيه استرليني - فكم نحن مدينون لصانعها وهل نحن شاكرون جليل نعماله ومقدرون قدره الصانع الخالق جل وعلا .

الأرض من اشعاع الشمس محدود - بل هو ضئيل إذا قورن بما يشع من سطحها الكبير .

المذنبات والشهب : Comets & Meteors

يطلق الفلكيون على الشمس والسيارات الأخرى بما فيها الأرض اسم النظام الشمسي ويشمل عدا هذا وتلك المذنبات والشهب .

والمذنبات Comets أجسام أصغر من السيارات بكثير ومسارها بيضاوية ، وكان الفلكي « هالي » Hally أول من كشف عن طبيعة مسارها وظهورها المفاجيء واختفاؤها بالمثل . كما تمتاز بأن لها ذيولا تمتد ملايين عدة من الأميال .

أما الشهب أو النيازك : Meteors

فتات صخرية ومعدينية تسقط على الأرض من الفضاء الخارجى وتتكلس نتيجة للحرارة ، ولعلها شظايا ناتجة عن تصادم الكويكبات. ويتنوع تكوينها بداية من الحديد المقترون بالنيكل إلى سليكات مغنسيوم الحديد ، ويعادل عمر أقدمها عمر الأرض فهي أجسام تتفاوت وزنا بين أرطال وأطنان عدة . وتوجد في الفضاء فرادى أو جماعات كأسراب الطير - فإذا اقتربت الأرض منها جذبتها نحوها - فتدخل الغلاف الهوائى بسرعة كبيرة ويتولد من احتكاكها بالطبقة الهوائية المحيطة بالأرض حرارة شديدة فتشتغل ويذهب معظمها هباء في الجو - والباقي يسقط على الأرض ويسمى نيازك .

أمكن جمع الكثير منها وترى في المتاحف العلمية . وعناصر تركيبها هي نفس العناصر الأرضية وهناك ظواهر فلكية تدل على احتمال تكون الشهب من المذنبات .

الطريق اللبنية أو طريق النبالة : Milky Way

شمسنا واحدة من النجوم تضم ١٠٠,٠٠٠ مليون نجم توجد على هيئة عناقيد Clusters ويسمى هذا النظام بالمجرة Galaxy فعالم هذه المجرة ليست معروفة بالكامل غير أن الجسم الرئيسى للنجوم يبلغ طوله ٣٠٠٠ سنة ضوئية .

أقرب مجرة للمجموعة الشمسية تسمى الطريق اللبنية Milky way وسميت كذلك حيث يمكن تمييزها بالمقرب (التلکسوب) في الليالى الصافية كشریط Band مضىء خافت يمتد عبر السماء من الأفق إلى الأفق - وقد لاحظ جاليليو من الفلكيين القدامى هذا الشریط إلا أن القدامى كان قد صور لهم خيالهم أنه ليس إلا سبلا غزيرا من اللبن

يتدفق من بقرة سماوية ، ومن ثم أطلق عليها أسم المجرة أو الطريق اللبنة - ويطلق عليها أحيانا طريق التبانة ، وقد كان الفلكي وليم هرشل - William Herschel أول من استعار هذه التسمية الأخيرة عام ١٨١٠ .

استطاع مرصد بالومار من رصد أعداد هائلة من المجرات تصل إلى ألف مليون مجرة وتبعد عن مجرتنا بنحو ٤٠٠ مليون سنة ضوئية - وتوجد هذه المجرات في مجموعات تبعد عن بعضها بملايين السنين الضوئية - وهناك مجموعة من ثمانية عشر مجرة تعرف باسم مجموعة اندروميديا Andromeda منها مجرة الطريق اللبنة . تميل المجرات للتجمع في جماعات تسمى عناقيد Clusters وقد يحتوى العنقود الواحد على ألف مجرة أو ما يزيد . ومجرتنا تنتمي إلى عنقود يسمى عنقود المجموعة المحلية Cluster of local group لم يتأكد الفلكيون من عدد المجرات فيها - وعناقيد النجوم هي أكبر وحدات طبيعية للمادة في الكون ويبدو توزيع العناقيد أحيانا إلى حد من التجانس بنفس المعنى الذى نعينه حين نقول أن توزيع قطرات المطر على لوح زجاجى متجانسة . يطلق على هذا الكون المتجانس اسم المبدأ الكونى Cosmic Principle

السديم : Nebula

وهى غير النجوم والمجرات ومجموعاتها السيارة.توجد بين النجوم بعضها وبعض وبين المجرات والسديم . تختلف عن النجوم فى أنها سحابية الشكل Clouds Uniform أو غاز منتشر يبدو على هيئة بقع هائلة - العنصر الرئيسى منها هو غاز الأيدروجين والغالبية العظمى منها ذات أشكال هندسية وأى حيز من الفضاء يشتمل على آلاف الملايين من النجوم ويسمى النظام النجومى . وهذا النظام النجومى تتبعه شمسنا وهو ليس سوى واحد من هذه الأنظمة التى تعرف بالسديم ويقدر عددها ببضعة ملايين وأشكالها الهندسية قد تكون كروية أو كروى منبعج وعدسية الشكل وحلزونية ويعتقد أن هذه الأشكال المختلفة تمثل المراحل المختلفة للسديم الواحد فى حياته - فهو ينشأ كرويا ثم ينبعج عند قطبيه ومع الدوران والأنكماش يصبح عدسيا فحلزوني الشكل وفى المراحل الأخيرة تتكشف مادته إلى نجوم . يقول الفلكيون أن ما عرفناه وما سنعرفه ليس سوى بعض القليل . فالعلم الطبيعى المعاصر لا يهدف إلى ارساء حقائق ثابتة وعقائد أبدية ، وإنما هدفه هو الاقتراب من الحقيقة بتقريبات متتابعة ، دون أن يدعى فى أية مرحلة أنه قد وصل إلى الدقة النهائية الكاملة لهذا الكون العجيب .

وعليه وبعد أن استعرضنا بإيجاز عالم الافلاك فقد آن تناول النظرية العامة للنسبية .

نشأة وهدف النظرية العامة للنسبية :

بعد أن أثبت أينشتين نظريته الخاصة للنسبية بأحد عشر عاما ، نجح في توسيع آفاق النظرية بحيث تشمل المجموعات المستعجلة (أى المتحركة بمعجلة) فبرزت من ذلك النظرية العامة للنسبية . والتعقيدات الرياضية في هذه النظرية كثيرة ، إذ أن تحولات الفضاء ذى الأربعة أبعاد الذى يصف الحركة وهى ثلاث إحداثيات مكانية يضاف إليها إحداثى زمانى - تحتاج إلى نوع خاص من الحساب الرياضى يعرف بالتحليل الممتدى أو الحساب التوترى Tensor وقد طبقت نتائج هذه النظرية بصفة خاصة فى الظواهر الفلكية .

طلع أينشتين على العالم بالنظرية العامة للنسبية والتي درس بها القوة الخفية التى تقود حركة النجوم والمذنبات والشهب والمجرات وكل جسم متحرك فى الفراغ الكونى الواسع - وهى نظرية عامة شاملة فى الهندسة الكونية ، تستوعبه وتفسر ديناميكيتها ، وتماسك الأجزاء فيه وتضفى عليه معنى جديداً ليعطى تصوراً جديداً للكون . يحل الإشكال الذى اعترى الحقيقة للمكان والزمان ، والكتلة التى أصبحت حركة - وكيف يصبح لهذا الكون شكله ومادته ، وقد انهارت وتبخرت إلى طاقة وإشعاع غير منظور

أهم عناصر هذه النظرية يتمثل فى النقاط التالية :

- ١ - المكان والزمان معا فى « متصل واحد » أو « البعد الرابع » .
- ٢ - الكون منحنى مقفل محدود .
- ٣ - نظرية الجاذبية . « مجال »
- ٤ - الكون يتمدد وينكمش .

لقد أثارت هذه النظرية الكثير من الآراء ، تناوّلها العلماء والفلاسفة . إلا أنه من الجدير بالذكر أنها كمنظرية فى مجال العلم تتصف بكونها نظرية رياضية فى رموزها فيزيائية فيما تعنيه ، فلكية المضمون تحوى فروضا رياضية أمكن برهنتها بفضل واضعها - ترسم هذه النظرية تصورا للكون لا يمكن فهمه أو ادراكه بسهولة ، إلا أنه أمكن تدعيم نتائجها الرياضية البحتة بتجارب تقبل الملاحظة - أعطت تفسيراً جديداً لحركات الأجسام الكونية وجاذبيتها .

اعتمدت فى عرضى لمقدمة النسبية العامة على المراجع

لانداو ورومر : ماهى نظرية النسبية - الطبعة الرابعة دارمير للطباعة والنشر ١٩٧٨ .

البرت اينشتين : النسبية النظرية الخاصة والعامة ترجمة دكتور رمسيس شحاته مراجعة محمد

مرسى

المكان والزمان معا في متصل واحد : Space time Continium

لتعيين موقع سفينة في عرض البحر - نقول أنها تقع في النقطة التي يتقاطع فيها خط عرض كذا مع خط طول كذا ونذكر اليوم والساعة والدقيقة . ولتعيين موقع طائرة في الجو يجب أن نضيف إلى ذلك احداثي الارتفاع - أما إذا أردنا تعيين موقع حادثة في الكون لايجوز الاكتفاء باحداثياتها المكانية الثلاث (الطول والعرض والارتفاع أو العمق) بل لابد من مراعاة احداثي الزمن وهكذا نرى أن أربعة احداثيات لابد منها لتعيين موقع أى جسم متحرك والبعد الرابع قد يصعب تصوره ولكن لابد أن تعلم جيدا أن نقطة ما وأن حادثة ما من حوادث العالم تكون مضبوطة عندما نعرف إحداثياتها الأربع - وهكذا نجد عنصرى الزمان والمكان متداخلين تداخلا لا انفصام فيه وهذا هو المتصل الزمكاني كما أطلقه اينشتين وزميله هيرمان منكفسكى H. Minkowski فالعالم بأسره هو متصل زمكاني وكل حقيقة إنما توجد في الزمان وفي المكان معا ولايمكن فصل أحدهما من الآخر . ولأن كل شيء في الطبيعة في حالة حركة - فالأبعاد الثلاثة هي حدود غير واقعية للأحداث الطبيعية والحقيقة ليست ثلاثية في أبعادها لكنها رباعية . إنها المكان والزمان معا في متصل واحد ولكن المكان والزمان يظهران دائما منفصلين في إحساسنا .. ولا نعرف له معادلا موضوعيا خاصا به كما للمكان . ومع هذا فاتصال الزمان بالمكان حقيقة .. بدليل أننا إذا أردنا أن نتبع الزمان فإننا نتبعه في المكان . فنترجم النقطات الزمانية بنقطات مكانية فنقول وقت الغروب ، ونقصد إنحدار الشمس في المكان بالنسبة للأرض ونقول .. اليوم والشهر والسنة وهي إشارات للأوضاع المكانية التي تحتلها الأرض حول الشمس . ونحن حينما ننظر في أعماق السماء بالمقربات Telescopes لنشاهد نجوما بعيدة جدا بيننا وبينها ألوف السنين الضوئية ، نحن في الحقيقة ننظر في الزمان لا في المكان وحده .. نحن ننظر في ماضى هذه النجوم .. وما نراه هو صورتها ومع هذا .. يصعب أن نتخيل شكلاً ذا أبعاد أربعة .

يقول أينشتين إننا سجناء الحواس المحدودة .. ولهذا نعجز عن رؤية هذه الحقيقة وتصورها وكل ما في الكون من أحداث يثبت أن هذه النظرية ليست تركيبة فرضية برموز رياضية وإنما هي حقيقة فالزمان غير منفصل عن المكان وإنما هما نسيج واحد .

وجد « أينشتين ومنكفسكى » أنه من الممكن أن يتكون من مجموعة الزمان النسبي والمكان النسبي حقيقة مطلقة مجردة أطلق عليها منكفسكى^(١) المتصل الزمكاني وأسماءها

(١) هيرمان منكفسكى (١٨٦٤ - ١٩٠٩) : زميل لأينشتين - له قول مأثور بمحاضرة ألقاها في كولونيا عام ١٩٠٨ قال : ان المكان بداته وكذلك الزمان بداته سيتحول كل منهما منذ اليوم إلى ظل زائل وإنما يبقى الوجود المستقل لنوع من الأتلاف ييهما .

د. مشرفة^(١) الكون المكافئ الزماني - فالكون مؤلف من حوادث كل نقطة فيه حادث من الحوادث لها مكان وزمان يحدد موضعها وهذا الكون ليس فضاء ذا ثلاثة أبعاد بل هو أكثر من ذلك - فالفضاء ذو الأبعاد الثلاثة شيء متصور وجوده في لحظة معينة فهو لا يشمل معنى الزمان. ثم إذا توالى اللحظات كان لكل لحظة فضاء ذو ثلاثة أبعاد خاص بها - فإذا تصورنا هذه الفضاءات مرتبة الواحد منها تلو الآخر في ترتيب زمني متصل وصلنا إلى معنى الكون المكافئ الزماني ويمكن وصفه على أنه مجموع ما كان وما هو كائن وما يتكون. و خلاصة القول المكان والزمان نسيان - فليس هذا ولا ذاك كائنا مطلقا ذا حقيقة ثابتة إن جميع المقاييس الزمانية هي في الحقيقة مقاييس مكانية ، وكل مقياس مكاني يتوقف على المقاييس الزمانية فالثواني والدقائق والساعات والأيام والأسابيع والشهور والفصول والسنون إنما هي مقاييس لموقع الأرض في الفضاء بالنسبة إلى الشمس والقمر والنجوم . وكذلك خطوط الطول والعرض التي يعين بها الإنسان مكانه على سطح الأرض تقاس بالدقائق والثواني - ولا بد لتحديدتها بالضبط من معرفة اليوم والساعة والسنة .

يجب أن نفهم ضرورة معالجة الزمن كنظرية حتمتها النتائج التجريبية - إذا كانت الأحداث تجري لقطعة ما من المادة لها ترتيب زمني محدد من وجهة نظر مراقب يشارك في حركتها فإن الأحداث التي تقع لأجزاء المادة في أماكن مختلفة ليس لها دائما ترتيب زمني محدد فإذا أرسلت إشارة ضوئية من الأرض إلى الشمس وانعكست ثانية إلى الأرض عادت إلى الأرض بعد حوالي ١٦ دقيقة من إرسالها - والأحداث التي تقع على الأرض خلال هذه الدقائق عشرة ليست سابقة ولا متأخرة عن وصول الإشارة الضوئية إلى الشمس ، فإذا تخيلنا عدداً من المراقبين يتحركون بكل الطرق الممكنة بالنسبة للأرض والشمس ويراقبون أحداث الأرض خلال هذه الست عشر دقيقة ، كما يراقبون وصول الإشارة الضوئية إلى الشمس - وإذا افترضنا أن هؤلاء المراقبين يدخلون في حسابهم سرعة الضوء ، يستخدمون آلات لقياس الزمن بالغة الدقة ، فإن بعض المراقبين سيحكمون بأن أي حدث ما على الأرض خلال الست عشر دقيقة - أسبق من وصول الإشارة الضوئية إلى الشمس ، وبعضهم سيحكم بأنهما حدثا في لحظة واحدة وبعضهم سيحكم بأن الحدث متأخر عن وصول الإشارة الضوئية وكلهم متساوون في الصواب أو متساوون في الخطأ^(١).

(١) د. علي مصطفى مشرفة : أستاذ الرياضة التطبيقية وأول عميد مصري لكلية العلوم جامعة القاهرة ومن زملاء أينشتاين . وأول من كتب وحاضر وألف من العرب عن النظريات النسبية .

Dogobert. O. Runes, Twentieth Century Philosophy

(١) راجع

فمن وجهة نظر علم الفيزياء لا تكون الأحداث التي تقع خلال الست عشر دقيقة سابقة على وصول الإشارة الضوئية إلى الشمس ولا متخلفة عنها ولا متلاقية معها في الزمن .

إن فيزياء نيوتن لا يمكن تطبيقها بداهة - ذلك أن المواد ذات النشاط الإشعاعي تبعث بجزيئات تتحرك بسرعة قريبة جداً من سرعة الضوء ، ولا يمكن فهم سلوك هذه الجزيئات إلا على ضوء مكتشفات فيزياء النسبية ، ولا شك في خطأ الفيزياء النيوتونية - وعليه لابد وأن نهى عقولنا لقبول فكرة أنه لا يكاد يمكن وجود ترتيب زمني محدد بين الأحداث التي تقع في أماكن مختلفة . هذه هي الحقيقة التي أدت إلى استخدام عبارة (المكان - الزمان) أو المتصل (المكان - الزمان) بدل استخدام كلمتي المكان والزمان - فالزمن الذي كنا نعتبره حدثاً كونياً هو في الحقيقة « زمن محلي » زمن مرتبط بحركة الأرض ولا يمكن اعتباره زمناً عاماً .

وإذا نظرنا إلى الدور الذي يلعبه الزمن في كل أفكارنا العامة - أتضح لنا أن نظرنا تتغير تغيراً عميقاً ، إذا نحن تخيلنا حقاً ما فعله علماء الفيزياء المعاصرون - خذ مثلاً فكرة « التقدم » إذا كان الترتيب الزمني حقاً لاشك فيه ، كان هناك تقدم أو تقهقر طبقاً للأساس الذي يقاس عليه الزمن - وكذلك تتأثر بطبيعة الحال فكرة الطاقة المكانية .

فإذا كان هناك مراقبان يستخدمان كل وسيلة من وسائل الدقة والإحكام - فإنهما سيصلان إلى تقديرين مختلفين للمسافة بين مكانين إذا كان المراقبان يتحركان بحركة نسبية سريعة ، وبديى أن فكرة المسافة نفسها قد أصبحت غامضة ، لأن المسافة يجب أن تكون بين أشياء مادية لا بين نقط من الفراغ - ويجب أن تكون هي المسافة في وقت معين - لأن المسافة بين أى جسمين تتغير باستمرار والوقت المعين فكرة ذاتية تعتمد على الطريقة التي يتحرك بها المراقب فلا نستطيع بعد ذلك أن نتكلم عن جسم ما في وقت معين - بل نتكلم فقط عن « حدث » وبين حدثين بصرف النظر تماماً عن أى مراقب يوجد علاقة خاصة يقال لها الفاصل Interval^(١) أو الانفصال وهذا الفاصل سيختلف تحليله باختلاف المراقبين إلى مكون مكاني ومكون زمني . لكن هذا التحليل ليس صحيحاً من الناحية الموضوعية - فالفاصل واقعة طبيعية موضوعية وليس مكون مكاني ومكون زمني . وأما مايمهم الفيلسوف من نظرية النسبية في علم الفيزياء الحديثة ، هو تصور جديد عن الكون

مترجم باسم فلسفة القرن العشرين (ترجمة لمجموعة مقالات في المذاهب الفلسفية المعاصرة)

ترجمة د. عثمان نويه .. مراجعة د. زكى نجيب محمود ص ٢٨ - ٢٩ .

(١) المرجع السابق ص ٣١

من حيث هو أن الكون لا يتميز فيه المكان عن الزمن ولا يتميز المكان الزمنى عن الأشياء التى توجد فيهما أو أن الحوادث لها وضع وديمومه .

وكلا من الزمان والمكان نسيان ... فاللحظات الزمنية عند (أ) لا يمكن مقارنتها باللحظات الزمانية عند (ب) ولكل منهما زمانه الخاص بحيث لا يشتركان معاً فى زمان واحد شامل وهذه النسبية فى الزمن لها مقابلها فى المكان أيضاً وكل مانستطيعه إذا أردنا أن نتحدث عن مكان هو أن نقرنه بزمن معين فنقول مثلاً مدينة الاسكندرية فى اللحظة الفلانية وبهذا يتحدد مكانها فى العالم .

وهكذا لا يمكن أن نتحدث عن الكون كله على أنه بأسره فى لحظة زمنية واحدة معينة ، وهكذا أيضاً أدت نظرية النسبية للزمان والمكان وجوب مراجعة قانون الجاذبية كما وضعه نيوتن وكذلك نجب مراجعة الهندسة المستوية لأقليدس لتوضع على أساس جديد فقد بات ما يبدو خطأ مستقيماً عند مشاهد لا يكون كذلك بالنسبة لمشاهد آخر فى مكان آخر .

لابد إذن من البدء فى فهم العالم الطبيعى فهما جديداً وأن نزيل من عالم الطبيعة صلابته ونماسكه . وأن نترجمه إلى لغة أخرى لغة الأشياء - فنترجمه إلى حوادث مسلسلة أو متتابعة ومنتاسى أنه جسم محدود له حدود متعينة وثبات ودوام . فالأجسام المادية ما هى إلا خط طويل من حوادث .

والحوادث يرتبط بعضها بأنواع من العلاقات ارتباطاً يوحى إلينا بفكرتى الزمان والمكان . تتعاقب الحواضر فى نقطة مكانية فنقول « ماضى وحاضر ومستقبل » وتتجاوز الحوادث بحيث تكون واحدة على يمين الأخرى أو يسارها أو فوقها أو تحتها فنقول هذا المكان أو ذاك ويكون بين الحوادث المتجاورة مسافات يمكن قياسها ، والمسافة التى تفصل بين حادثتين قد تكون مسافة من مكان وقد تكون فترة من زمن وتكون المسافة زمنية حين يكون الجسم الواحد بعينه موجوداً فى الحادثتين معاً . وتكون المسافة مكانية حين تكون الحادثتان فى جسمين - ولكى نحدد لحادثة من حوادث العالم وضعها مكاناً وزماناً يلزمنا أربعة أرقام - أحدهم يدل على اللحظة الزمنية والثلاثة الأخرى تدل على أبعاد المكان الثلاثة - فلو حدثت حادثة لطائرة يتحدد وضع الحادثة بأربعة أرقام هى خط الطول العرض والإرتفاع عن سطح البحر ثم الوقت بحساب جريتش . وهنا يتأكد لنا لكى نفهم العالم الفيزيائى فهما صحيحاً لابد من تدريب الخيال بحيث نتصور كما يريد العلم الحديث أن يتصورها - وإن كان هذا التدريب لا يجرى مع الإدراك الفطرى فى طريق واحد .

وما دامت الطبيعة قد إرتدت بالعلم الحديث إلى مجموعات من حوادث بعد أن كانت أشياء مادية لها صلابة ونماسك . ثم ما دامت الحياة العقلية هى كذلك خيط من حوادث

أو سلسلة من حالات فكرية وشعورية دون أن يكون هناك شيء يمكنها في وحدة مما يصح أن نطلق عليه عقلا أو وعيا قائما بذاته أفلا تكون المادة والعقل من طبيعة واحدة متجانسة ...

الجاذبية « مجال » :

وصلنا مع أينشتين إلى حقيقة اتصال الزمان بالمكان - بدليل أننا إذا أردنا تتبع الزمان فإننا نتبعه في المكان - فالزمان غير منفصل عن المكان وإنما هما نسيج واحد .. وهذا النسيج عند أينشتين هو « المجال » Field الذى تدور فيه كل الحركات الكونية . يجب أن نتوقف قليلا عند كلمة « مجال » فهي كلمة لها عند أينشتين معنى جديد عميق .. يرد به على نظرية الجاذبية النيوتونية .. نيوتن يقول أن الجاذبية قوة Force كامنة في الأجسام تجذب بعضها إلى بعض وتؤثر عن بعد Action at a distance

ولكن أينشتين يرفض نظرية التأثير عن بعد - ويلغى تصور القوة عند نيوتن وينكر أن الجاذبية قوة .. ويقول أن الأجسام لا تشد بعضها بعضا - ولكنها تخلق حولها « مجالاً » يقول أينشتين :

كل جسم يحدث اضطرابا في الصفات القياسية للفضاء حوله كما يحدث السمكة اضطرابا في الماء حولها ويتكون تيار من الماء تسير فيه ذرات الغبار العالقة وتخلق حوله مجالا نتيجة التغيرات التى تحدث في الزمان والمكان . إن هذه الذرات العالقة لا تتحرك بقوة السمكة - بل هى تتحرك وفقا « لمجال » .

كما فى المغنطيس يمكن تحديد وتخطيط مجاله عن طريق رش برادة الحديد حوله . ويمكن عن طريق المعادلات الرياضية أن نحسب شكل وتركيب مجال جسم معين عن طريق كتلته ...

استطاع أينشتين أن يقدم للعلم المعاصر هذه المعادلات المعروفة بمعادلات التركيب . Structure equations وأرفق بها مجموعة أخرى من المعادلات سماها معادلات الحركة Motione لحساب حركة أى جسم يقع فى ذلك المجال .

وبهذه المعادلات استطاع أينشتين أن يتنبأ بظواهر طبيعية وفلكية - فقد ظلت حركة عطارد حول الشمس لغزاً حتى فسرتها هذه المعادلات والظاهرة التى كانت تحير العلماء أن هذا الكوكب الصغير ينحرف عن مداره بمقدار معين كل عدد معين من السنين .. وأن المجال الذى يدور فيه ينتقل من مكانه بمعنى الزمن . وقد تنبأت معادلات أينشتين بمقدار الانحراف بالضبط .

وكان التفسير الذى قدمه أينشتين لهذه الظاهرة أن شدة اقتراب عطارد من الشمس بالإضافة إلى سرعة دورانه وعظم جاذبية الشمس . هو الذى يؤدي إلى هذا الاضطراب في المجال والانحراف المشاهد في مدار الكوكب .

وتنبأت نفس المعادلات بما هو أكثر إثارة للأوساط العلمية . فقد كان معلوما أن الضوء ينتشر في خطوط مستقيمة . ولكن أينشتين له رأى آخر ، فمادام الضوء طاقة . والطاقة مادة . فلا بد أن يخضع الضوء لخواص المجال كما تخضع برادة الحديد في خطوط منحنية حينما يقترب من جسم مثل جسم الشمس . ذى مجال جاذبية قوى ، فلو رصدنا نجما يمر ضوءه بجوار الشمس لوجدنا أن الشعاع القادم إلينا ينحرف إلى الداخل ناحية مجال الشمس ولرأينا الصورة بالتالى تنحرف إلى الخارج بزواوية معينة قدرها أينشتين ١,٧٥ درجة باستخدام المعادلات الرياضية .

أسرع العلماء للمراصد لاختبار هذه النتائج التى استخلصت من المعادلات الرياضية وقد بذلت محاولات عديدة لأخذ صور للشمس والمنطقة المحيطة بها أثناء الكسوف وكانت أول محاولة عام ١٩١٢ ولكنها لم تلق نجاحا لسوء الأحوال الجوية أثناء الكسوف وفى عام ١٩١٤ حالت الحرب العالمية الأولى دون تحقيق رغبة الفلكيين ، وفى عام ١٩١٨ أُخذت أول صورة لكسوف الشمس وظهر على اللوح الفوتوغرافى خمسون نجماً ، وبالرغم من ذلك لم تكن النتائج التى أمكن استخراجها حاسمة لأن هذه الأرصاد وقياسها يحتاج إلى خبرة لم تكن قد اكتسبت بعد - وفى عام ١٩٢١ أمكن الحصول على نتائج مشجعة أضافت الأدلة على صحة نظرية « أينشتين » .

وكانت النتيجة تسجيل انحراف قدره ١,٦٤ درجة أى قريباً جداً من قيمة أينشتين . وعلى هذا الأساس تدور الأرض حول الشمس لا بسبب قوة جذب الشمس ولكن بسبب خصائص المجال الذى تخلفه الشمس حولها - والأرض لاتجد مداراً تسير فيه سوى هذا المدار الدائرى وكل الكواكب محكومة في مداراتها بخطوط دائرية هى إنحناءات المجال حول الأجسام الأكبر منها جاذبية . ظاهرة أشبه بظاهرة القصور . فالأجسام قاصرة عن أن تتعدى مجالاتها المرسومة . وبذلك أصبحت الجاذبية عند أينشتين جزءاً من هندسة المكان ، المكان منحنى كروى ، لكن الكروية ليست كاملة وإنما بها تشوهات Distortions وتنوعات ترجع إلى كثافة المادة - والمادة تتحرك بقصور ذاتى دائرى على سطح الكرة^(١).

L. Barnett : The Universe and Dr Einscein. Wm. sloane Associates
1948 pp.76-92

لم يفت أينشتين أن يبين أن ما يحدد تركيب « المجال » الجاذبى كتلة الجسم الجاذب وسرعته ، وعليه فتركيب الكون بالإجمال تحدده مجموعة ما يحتويه من مادة .

الكون « المتصل » منحنى مقفل محدد :

قصد أينشتين بفكرة النسيج الواحد للفضاء - ذلك النسيج ذو الأبعاد الأربعة الذى يؤلف المجال الهندسى للكون .

واجهت أينشتين مشكلة كبرى بعد أن حلل الكون إلى مكوناته الأساسية المكان - الزمان والكتلة والمجال .. هل الكون نهائى ومحدود . أم لانهائى ولا محدود . هل هو مسطح كالبحر تسبح فيه مجموعات النجوم والكواكب أم هو غائر وعميق وهذه النجوم والكواكب معلقة فى أعماقه .

كان رأى القدامى أصحاب المدرسة الذرية أن الكون غير محدود والمكان لامتناهى واتفق معهم من المحدثين « نيوتن » بعد أن اصطدم بالتساؤل المألوف لو أن هذا الكون له نهاية . فماذا وراء هذه النهاية ؟

وكانت الحيرة ومحاولة التخلص من الإشكال كله برفض محدودية الكون واعتباره لانهايا لا أول له ولا آخر . وكان رأى أيضا أن الكون مسطح والنجوم والكواكب اللانهائية ساجحه فيه فى أعداد لا مبدأ لها ولا منتهى . كان ذلك نتيجة لإيمانهم بهندسة إقليدس وأن كل علاقات الكون يجب أن تفسر من خلال هذه الهندسة المستوية والتى تعتمد فى كل نظرياتها وتركيباتها على الخطوط المستقيمة . ومن مصادراتها الأولى الخططين المتوازيين لا يلتقيان . وأن أقصر مسافة بين نقطتين هى الخط المستقيم وأن مجموع زوايا المثلث ٢ ق .

وكان رأى أينشتين أن هذه الهندسة الأقليدية قاصرة وخاطئة إذا حاولنا أن نفسر بها علاقات الكون الرحيب أو حتى علاقات الكرة الأرضية . فلو حاولنا أن نبحث عن أقصر الخطوط بين لندن ونيويورك فسنجد أنه خط دائرى والسبب أن سطح الأرض كروى والسطوح الكروية لا تنطبق بها الهندسة المستوية لا إقليدس والكون شأنه شأن الأرض - لأنه ليس نظاما مسطحا .

والنظرية العامة للنسبية تقول بأن كل جسم يوجد فى مكان وزمان يخلق حوله مجالا ، وأن الفضاء حول هذا الجسم يتحدب وينحنى بمقتضى خطوط هذا المجال ومعنى هذا أن كل مادة توجد فى فضاء الكون تؤدى إلى تحدب وانحناء فى سطح هذا الفضاء . ومعنى

هذا أننا لو استطعنا أن نعرف مقدار المادة الكلية في فضاء الكون لأمكن أن نعرف مقدار التحدب والانحناء فيه وشكل مجاله العام بمقتضى معادلات النسبية .

وقد تمكن العالم الفلكي هبل Hubble من حساب متوسط كثافة المادة الكونية وبتطبيقها على معادلات المجال أمكن معرفة أن الكون شكله كروى وأن الفضاء فيه يتحدب وينحني ليؤلف شيئا كفقاعة هائلة - ولما كانت أبعاد هذه الفقاعة أربعة أبعاد ، وهى نهائية ولكنها غير محدودة ونصف قطر الكون بهذا الحساب ٣٥ بليون سنة ضوئية . وأننا إذا رسمنا خطا مستقيماً على الكرة ذا طول لا يمكن تخيله فإننا سنعود بالخط إلى النقطة التى بدأنا فيها وسيصبح الخط دائرة ضخمة فالفضاء الكونى ينحني على نفسه ولا يمتد إلى ما لا نهاية وإنما هو كون مقفل محدود

الكون يتمدد وينكمش :

ذلك الكون الجليل يقول عنه العلماء وهم تائهون بين المعادلات الرياضية والرموز الجبرية (أنه كون محدود بلا حدود) .

الملاحظ أن العقل البشرى إذا شرد في تصور الكون ، ولن يستطيع حقيقة التصور لأنه سريعاً ما تتداخل وتشابك تصورات أخرى ذات ألغاز خالدة سر مدية تكشف عن غرور هذا العقل البشرى في محاولاته الهزيلة لمعرفة الأسرار الكامنة في طوايا الكيانات الضخمة من السدم والشموس والنجوم والكواكب والسيارات التى لا عدد لها ولا حصر - والتى مازال بعضها يولد كبقع سحابية لم تنتقل من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة بعد ، والتى قد انتهى بعضها الآخر منذ ملايين السنين ولكننا مازلنا نراه لأن آخر أشعة انبثقت من أعضائه مازالت تجرى في الفضاء حتى تصل إلينا بتلك السرعة الرائعة (١٨٦,٠٠٠ ميل/ث) ، بعد ملايين السنين من موت هذا الكوكب الذى اندثر في أعماق الأبدية التى لا ندرى كيف كانت . ولا لماذا تكون^(١).

وما زالت المناظير المكبرة تصنع ، وكلما اشتدت قوتها وعزم تكبيرها انتقصت من هبة ما كانت تراه ، لأنها تكشف كل يوم عن عوالم أخرى لا يمكننا أن نتصور أقدارها في صورة من صور الحس ، فمنظار جبل ولسن الذى قطر عدسته ٢٠٠ بوصة يكشف عن حقائق مذهلة تجعل المرء يتقلص بكيانه ويقبع في ذاتيته متذكراً الخالق المبدى .

A. Eddington, The Expanding Universe. pp.19-30

(١)

L. Barnett, The Universe and Dr Einste in. p.10. وأيضاً

كان ظن أينشتين في البداية أن الكون في مجموعه ثابت . وأن أجزأؤه هي التي تتحرك بالنسبة لبعضها البعض أما هو ككل فهو ساكن . ولكن الأرصاد والفلكيين أجمعت على أن الكون يتضخم .. وأن ما فيه من نجوم وكواكب وشموس تنفجر في أقطاره الأربعة متباعدة عن بعضها تخلصاً مع زمن وأنه يبرد .. وتنطفئ نجومه وتنفى مادتها وتحول إلى إشعاع يضيئ في فضاء الكون الشاسع . وبعد بلايين السنين تكون جميع النجوم قد إنطفأت - فلا يعود هناك تبادل حرارة ولا أثر للضوء ولا يعود هناك زمن - لأن دليلنا على اتجاه الزمن هو الحركة والطاقة وبلون حركة لا يوجد زمن .

هذه النظرية التي تقول باتجاه الكون إلى الفضاء والنهاية تقضى بأن له بداية .. وهذا رأى أينشتين .

هناك نظرية أخرى تقول بتكرار نشأة الكون وفنائه في دورات وتزعم بأن الكون يتمدد ويبرد ، ثم يعود فينكمش ويسخن وتدب فيه الحياة من جديد . وأن الكرة الكونية تنقبض وتنبسط وتكرر هذه الدورات المثلثة للبعث والفناء إلى الأبد .

وهناك نظرية ثالثة تقول بأن كل هذه الأشعة التي تبعثر في أرجاء الكون لاتضيع .. وإنما هي تتفاعل مع بعضها لتنتج ذرات بدائية تتجمع على هيئة أترية دقيقة تتطاير تحت ضغط الإشعاعات النجمية لترتحل إلى القطب الآخر من الكون حيث تتجمع في سحب ترابية وتزداد كثافتها سنة بعد سنة حتى تصبح كتلتها هائلة فتبدأ في التقلص نتيجة لإزداد الجاذبية بين ذراتها ، وبثقلصها ترتفع درجة حرارتها وتوهج وتحول إلى أنوية ملتهبة - وتبدأ تدور حول نفسها . وتتفكك إلى مجاميع من النجوم وتبدأ كوناً جديداً . في الوقت الذي يكون فيه الكون الأصلي الذي صدرت عنه قد دب فيه الفناء وانطفأ وتحول إلى صقيع وظلام - وتعود الإشعاعات المنطلقة من هذه النجوم الجديدة . فتتجمع في طرف الكون الآخر لتكون ذرات بدائية وسحب ترابية ... ألخ . وتستمر الدورة الأبدية .

نظرية المجال الموحد : Unified Field Theory

أدرك أينشتين أن كل ما يستطيعه العلم الفيزيائي الفلكي هو أن يعكس كميات ويعترف على العلاقات الرياضية التي تربط هذه الكميات ويكتشف القوانين التي تجمعها معا في شمل واحد .

وكان كل مطلبه أن يكشف القوانين التي تفسر حركات كل الأجرام السماوية في مداراتها لاعتقاده بأنسجام الوجود في وحدة . سواء عالم الكيانات الفلكية أو عالم الذرة والمنتاهيات في الصغر .

وأن الكهرومغناطيسية التي تمسك بالذرات والجزيئات لا تختلف كثيراً عن مجالات الجاذبية التي تمسك بالنجوم والكواكب والمجرات في أفلاكها . وظل يبحث عن مجال واحد يحقق وحدة الوجود . وكان أن قدم سلسلة من المعادلات حاول أن يضم فيها القوانين التي تسيطر على ظواهر الجاذبية والكهرومغناطيسية وحيث أن كل الظواهر الطبيعية إنما ترتد إلى قوتين أساسيتين هما الجاذبية والكهرومغناطيسية .

منذ مائة عام كانت الكهرباء والمغناطيسية كأنهما شيان منفصلان وينظر إليهما على أنهما متميزتان إحداهما عن الأخرى - أثبتت تجارب أورستد^(١) Oersted الدائمى وفرايدى الأنجليزى فى القرن التاسع عشر أن القوى المغناطيسية يمكن أن تولد تياراً بشروط خاصة ، وأن التيار الكهربى يحيط به دائماً مجال مغناطيسى Magnetic Field وأن القوى المغناطيسية يمكنها إثارة تيار كهربائى حولها . وتوصل العلماء آنذاك إلى اختراع اللاسلكى وتكشف للفيزيائيين المجال الكهرومغناطيسى Electromagnetic Field والذى تنتشر فيه خلال الفضاء موجات الضوء واللاسلكى وكل الموجات الكهرومغناطيسية . على هذا الأساس أمكن اعتبار أن الكهرباء والمغناطيسية ظاهرة واحدة .

يقول أينشتين : إذا تركنا قوة الجاذبية ونحياها جانباً فإنه يمكن اعتبار القوى الأخرى المعروفة فى الكون من نوع القوة الكهرومغناطيسية - أى أن قوى الاحتكاك Frictional Forces والقوى الكيميائية Chemical Forces التى تربط الذرات بعضها إلى بعض فى الجزيئات وقوى التماسك Cohesive Forces التى تربط جزيئات المادة - وقوة المرونة Elastic. F التى تسبب إبقاء الأجسام على أشكالها الأصلية - كل هذه القوى من نوع واحد مثل القوة الكهرومغناطيسية Electromagnetic . وذلك لأنها جميعاً مبنية على وجود المادة وكل مادة مركبة من ذرات . وهذه تتركب من جسيمات كهربائية (تحمل شحنات كهربية) لذلك فإن التشابه بين ظواهر الجاذبية والظواهر الكهرومغناطيسية يدعو إلى التفكير - إن الكواكب السيارة تقع فى مجال جاذبية الشمس والإلكترونات تدور فى المجال الكهرومغناطيسى لنواة الذرة والأرض قطعة مغناطيسية هائلة وكذلك الشمس والقمر والنجوم .

ولقد بذل العلماء محاولات عديدة لاثبات أن قوى الجاذبية من نوع واحد إلا أن محاولاتهم باءت بالفشل ولقد خيل لأينشتين أنه نجح فى عام ١٩٢٩ عندما أعلن عن نظرية المجال الموحد ولكنه رفضها فيما بعد ، ومالبت أن نبذها نهائياً وقرر إبعادها وخرج بنظرية

(١) هانز كريستيان أورستد (١٧٧٧ - ١٨٥١) أول من لاحظ أن هناك علاقة بين الماجنيتية وبرادة الحديد وأول من اكتشف العلاقة بين إثارة البوصلة المغناطيسية وإمرار تيار كهربى فى سلك .

الجديدة التى نشرها عام ١٩٤٩ وهى أكثر شمولاً إذ أنها تربط بين مجموعة من القوانين الكونية ، لا بين مجالات الجاذبية والكهرومغناطيسية فى فضاء الكون فحسب . بل أيضاً فى فضاء الذرة وبين ثناياها ، إلا أن الأمر مازال يتطلب سنوات من البحوث الرياضية والتجارب الفيزيائية لإثبات صحتها فهى تستوعب فى وقت واحد المكان غير المحدود للمجالات الجاذبية والكهرومغناطيسية المترامية فى الكون ، فإن أمكن للعلماء تصوير هذا الكون فإنهم سيربطون بين الكون والذرة ويملاؤن الفجوة الكبيرة التى تفصل بين المتناهى فى الكبر والمتناهى فى الصغر . وكل التعقيدات التى تبدو للعلماء والمفكرين عن الكون سوف تتحلل إلى معمل متجانس لافرق بين المادة والطاقة بل أن كل أنواع الحركة من حركة المجرات إلى حركة الإلكترونات سوف لا تتعدى كونها تغيرات فى تركيب وتركيز

المجال Structure and Concentration of Field

لقد أصبح المجال الجاذبى والمجال الكهرومغناطيسى تبعاً لهذه النظرية حالتين عابرتين ، ووجهين لعملية واحدة . ولو أن العلم لا يزال عاجزاً عن شرح حقيقة المغنطيسية والكهرية والجاذبية ، إلا أنه يستطيع قياس آثارها والتنبؤ بنتائجها . ولكن سرها الحقيقى لا يزال غامضاً حتى وقتنا الحالى . ومعظم علماء الفيزياء المعاصرين يؤكّدون عدم إمكان معرفة كنه هذه القوى الغريبة مهما طال الزمن . إلا أنه من شأن هذه النظرية - لو صحت - لأنها مازالت موضعاً لنقاش العلماء والفلاسفة ولم تثبت تجريبياً - أن يزول الفارق بين الكون وكياناته الضخمة والكيانات الذرية ، وأيضاً قد يزول الفارق بين المجالات الجاذبية والمجالات الكهرومغناطيسية ، وتصبح مجالاً واحداً .

لقد حاول أينشتاين خلال الربع قرن الأخير من حياته أن يتوج جهوده بنظرية المجال الموحد على أساسين : الأول أن الحدود الخارجية لعلم الإنسان تحددها نظرية النسبية والحدود الداخلية تحددها نظرية الكوانتم إذ أن نظرية النسبية قد حددت آراءنا عن الفضاء والزمن والجاذبية وكل الحقائق التى لم نستطع رؤيتها لبعدها الشاسع ، ونظرية الكوانتم قد حددت الآراء عن الذرة والمكونات الأساسية للمادة والطاقة وكل الحقائق التى تخفى لدقتها المتناهية فى الصغر - ومع ذلك فإن هاتين النظريتين الهامتين قد بنيتا على أساسين مختلفين منفصلين لا صلة بينهما إطلاقاً ، وهدف نظرية المجال الموحد هو بناء قنطرة تربط ما بين هاتين النظريتين .

لقد جاول أينشتاين ابتداءً ببناء موحد للقوانين الطبيعية التى تتحكم فى ظواهر الذرة وظواهر الفضاء الخارجى كأصغر وأكبر مكونات الكون ولم يكن ذلك إلا تحت تأثير الاعتقاد بانسجام وتوافق الكون ككل موحد . ولعل أهم نتائج هذه النظرية هى أنها

توحد قوانين الجاذبية وقوانين الكهرومغناطيسية في صورة قانون واحد عام . وكما أن النسبية أرجعت قوانين الجاذبية إلى خاصية هندسية من خواص متصل المكان - والزمان - فإن نظرية المجال الموحد ترجع القوة الكهرومغناطيسية وكل القوى الأخرى إلى قوة واحدة متكافئة .

والآن وبعد أكثر من خمسون عاماً إذا تأيدت نظرية المجال الموحد بتجارب عملية في المستقبل لأمكن الاهتداء إلى كشوف جديدة ودقيقة عن تركيب المادة وميكانيكا الإشعاع - ومع ذلك فإن هذه جميعاً سوف تكون نتائج أساسية ، لأن أكبر نصر فلسفى لنظرية المجال الموحد مستمد من كلمات عنوانها لأننا تبين اتجاه فلسفة العلوم نحو توحيد آراء الإنسان عن العالم الطبيعى .

أينشتين وأزمة الفيزياء النيوتونية :

اعتقد نيوتن في الزمان والمكان المطلقين على غلاتهما - دون أن يرى ضرورة لتحخيص ذلك الاعتقاد . والكون توفيقاً لما يراه كائن في زمن مطلق لاعلاقة له بالظواهر التى تقع فيه . وفي حيز مطلق ثابت لا يعترضه تبدل وهو حيز الأبعاد الثلاثة في هندسة أقليدس ، بغض النظر عن المواد الماثلة فيه كما أعتقد نيوتن بفكرة مطلقة أخرى وهى الكتلة باعتبارها مقداراً مادياً لا يتحول مهما كانت حالة سكون الجسم أو حركته . والكون مؤلف عند نيوتن من جزيئات تتحرك في مكان وزمن ، والمادة والطاقة منعزلتين ولكل منهما قانون بذاتها ، للمادة قانون بقاء المادة وللطاقة قانون بقاء الطاقة

أما أينشتين بنسبته - فإنه يعضى على المعطيات الثلاث لنيوتن إذ ليس ثمة زمان مطلق لجميع الكائنات مهما اختلف شأنها - ولجميع مقادير المادة . وليس الزمن واحداً في عالمين أو كوكبين مختلفين لاصلة بينهما .

والاتحاد الزمنى أى الحدوث في آن واحد لا يكون إلا إذا أمكن توحيد الساعات بإشارات ضوئية أو كهرومغناطيسية ، والتوافق الزمنى بين ظواهر تحدث في أمكنة مختلفة من عالم ما يخضع لتأثير حركة ذلك العالم في مجموعة ، ولا يوجد حد ثابت معين تقع ضمنه جميع الحوادث . إذ يختلف المكان بحسب ما يوجد فيه من المواد والمادة هى التى تعيد المكان وليس العالم كائناً في حيز أقليدس بل في حيز هندسى ريماني متصل رباعى الأبعاد - كما أنه لا يوجد للكتلة المطلقة ، إذ الكتلة تتغير بالسرعة وبجالة الجسم الداخلية وبحرارته مثلاً . وقوانين نيوتن لا يمكن تطبيقها على الأجسام التى تتجاوز سرعتها سرعة الأفلاك والأجرام السماوية وعلى هذا فان حركة الأرض حول الشمس ليست خاضعة

لقوانين الجاذبية النيوتونية . والكون مؤلف من حوادث Events في سلاسل . والجاذبية ليست قوة وإنما هي « مجال » Field

يقول الفرد نورث هويتيد « هكذا إنهارت الفيزياء النيوتونية إنهاراً كاملاً وهي التي كان يظن أنها بداية وتمثل الصدق المطلق » وتبدد اليقين من نفسه ، كما تبدد بالنسبة للكثيرين ورغم نفع آراء نيوتن كما كانت في أى وقت سبق ، إلا أنها لم تعد صادقة بمعنى الصدق الذى تعلمت تمثله . وتأدى به ذلك لا إلى انتزاع الثقة بفيزياء نيوتن فحسب ، بل بالنظريات النسبية ذاتها وبكل نظرية لاحقة - فلقد تبدد اليقين . وتعلم هويتيد أن يحذر من اليقين وأن ليس ثمة صدق مطلق في أمر من الأمور ، يقول : لقد تعلمت أن أحذر من اليقين ، ليس هناك أمر كله صدق ولكن هناك بعض الصدق في كل وجه من الوجوه في الإمكان التنبؤ بالمستقبل ، فالتغير الضخم الذى حدث مع ظهور النسبية يجعل علينا من المحال أن تكون على ثقة مطلقة بما يكون عليه الغد^(١)

خلاصة الرأى :

من الصعب تبويب النظريات النسبية في فرع معين من فروع علم الفيزياء فهى تختص كل فروع الفيزياء ولكنها ليست فرعاً في الفيزياء فهى نظرية تحوى فروضا ومعادلات رياضية أمكن برهنتها - هذه الفروض والمعادلات ترسم تصوراً للكون يفسر حركات الأجرام الكونية وجاذبيتها - نشأت النظرية لانتجيجة لسلسلة خاصة من التجارب ولكن أمكن تدعيم النتائج الرياضية البحتة بتجارب تقبل الملاحظة - وكانت النتيجة النهائية دراسة نقدية تمحيصة لقوانين الفيزياء الكلاسيكية ومبادئها السائدة ، فمن جهة غير النسبية أهم آرائنا الأساسية في العلوم ونعنى بذلك فكرتنا عن المكان والزمان ومع ذلك فمعادلاتها لاتناقض قوانين الديناميكا الكلاسيكية تحت الظروف التجريبية المألوفة وتفسيراتها عديدة وأما تنبؤاتها لظواهر جديدة فقليلة - ولكن لها أهمية لاتقدر في الفيزياء المعاصرة وإحدى هذه التنبؤات التكافؤ المشهور بين الكتلة والطاقة . وأيضاً تنبؤها بانحراف الضوء واحمراره .

إن الديناميكا النيوتونية والديناميكا النسبوية تبدوان على طرفي نقيض إذ تقوم الأولى على الاعتقاد بوجود مكان مطلق وزمان مطلق ، في حين تؤكد الثانية الطبيعة النسبوية لفكرة المكان والزمان .

(١) د. على عبد المعطى : الفرد نورث هويتيد - فلسفته وميتافيزيقاه دار المعرفة الجامعية ١٩٨٠ ص

٤٨ - ٤٩ من محاضرة ألقاها في يونيو ١٩٤٣ ، سبتمبر ١٩٤٥

الباب الثاني
بعض النتائج
المتضمنة في اكتشافات
علم الطبيعة المعاصر

الفصل الأول
طبيعة المادة

الفصل الثاني
العلية والحتمية

الفصل الثالث
الصدفة والاحتمال

الفصل الرابع
الموضوعية والذاتية

الفصل الأول

مشكلة طبيعة المادة

- طبيعة المادة عند الأغريق .
- طبيعة المادة وقوانين عدم الفناء مع بداية العصر الحديث .
- طبيعة المادة في العصر الحديث .
- طبيعة المادة المعاصرة .
- (أ) المادة مؤلفة من ذرات جسيمية .
- (ب) المادة موجات وليست ذرات .
- (ج) المادة جسيمات وموجات معا .
- (د) الجسيمات والموجات مؤلفة من « حوادث » .
- الخلاصة

الفصل الأول مشكلة طبيعة المادة

لاشك أن النتائج الأحصائية الكثيرة للوقائع التجريبية في مجال الفيزياء الحديثة والمعاصرة قد أحاطت العلماء والفلاسفة بالحيرة والقلق لتفهم مشكلة طبيعة المادة - لذلك لابد من تتبع مفهوم طبيعة المادة منذ بداية الفكر اليوناني حتى وقتنا الحالي لكي نتفهم تلك المشكلة قيد البحث .

طبيعة المادة عند الأغريق :

كانت طبيعة المادة مثار ظنون أسطورية تناقلها فلاسفة اليونان على ألسنتهم ، كانت الظاهرة الأولى التي شددت انتباه الفكر الأغريقي هي - ظاهرة العنصر الأول الذي تنتهي إليه جميع تحولات المواد وقد جاء فيما قال طاليس Thales أن الماء هو الجوهر الأساسي الذي يتكون منه العالم وهنا قد يوحى فكر طاليس بنشوء فكرة المادة عن الماء .

أعتبر أنباذ وقليس Empedocles أن التراب والنار والهواء والماء هي « الأصول الأساسية » الأربعة لكل الأشياء ، وعلى نفس هذا الخط أقرض أنكسمنديريس عدداً لا نهائياً من العناصر يتسبب تجمعها أو انفصالها في ظهور أو فناء ظواهر معينة . ثم حدث تطور في تفكير الفلاسفة القدامى بظهور نظرية ديموقريطس الذرية وأن أصل المادة هو الذرة أو الجزء الذي لا يتجزأ وأن كلمة « الكائن » تنطبق فقط على أصغر الجسيمات التي لا تنقسم أي الذرات ، ولهذا خاصية وحيدة هي أنها تشغل الفراغ ، أما الاختلافات الوصفية للأشياء المحسوسة فقد عللت عن طريق الشكل والحركة والتركيب المتغير للذرات في الفضاء .

يفسر ديموقريطس وجود الأجسام المركبة باجتماع الذرات المنفصلة - والتغير في الوجود يفسر على أنه اتصال الذرات أو انفصالها بالإضافة إلى التغيرات التي تطرأ على أوضاعها وتنظيمها على صورة معينة من الأجسام - وتؤثر الأجسام بعضها في البعض الآخر بطريقة الضغط - وهذا الضغط عن طريق خروج ذرات صغيرة من المؤثر إلى المتأثر - والذرات في حركة دائرية مستمرة - وترجع هذه الحركة إلى أشكالها وأوزانها - وبفضل الحركة تجتمع الذرات المتشابهة لتكوين المركبات أو الموجودات المختلفة^(١) كما يفسر

(١) Moulton, and schiffers; The autobiography of science. Doubleday (١)
Doran Co., 1945 p.13.

ديموقريطس العناصر الأربعة الماء والهواء والنار والتراب بأنها ترجع في تكوينها إلى الذرات واختلاطها بعضها مع البعض الآخر ماعدا النار - فإنها تتألف عنده من درات صغيرة مستديرة وبسيطة غير مركبة بينما تتكون العناصر الثلاث الأخرى من اختلاط أنواع مختلفة من الدرات

هكذا تتضح لنا بساطة التفكير الواضح في فلسفة ديموقريطس مما يحدد بنا إلى استخدام أفكاره عن بناء المادة باعتبارها البنية الأولى للنظرية الذرية أساس العلم الفيزيائي الحديث .

يمثل هذا التطور في مفهوم المادة من طالس إلى ديموقريطس بلا شك تقدما هائلا في تفسير الخواص الأساسية للمادة ، ولقد أضحت أمكانية وجود المادة في حالات مختلفة على الفور مقبولة تماما ، ومثلها أيضا التفسير المعقول للظواهر المرتبطة بمزج السوائل . بهذا الخصوص يجدر القول أن الفيزياء الذرية الحديثة تتخطى الفيزياء اليونانية بمراحل بالنسبة لنقطة هامة ، وتفهم هذه النقطة ضروري لتطور الفيزياء الحديثة . فبناء على نظرية ديموقريطس لا تملك الذرة خواص مثل اللون والطعم والرائحة ، إنما هي نقط تشغل الخلاء مع السماح بتركيبات هندسية للذرات لا تحتاج إلى أى تحليل ، أما في الفيزياء الحديثة فقد فقدت الذرات خاصية التركيبات الهندسية وأصبحت خواصها الهندسية لا تفرق عن اللون والطعم ... الخ ، وأصبح من الممكن تمثيل الذرة في الفيزياء الحديثة بمعادلة تفاضلية جزئية في خلاء مجرد عديد الأبعاد وليس للذرة أية خواص فيزيائية مباشرة على الإطلاق بمعنى أن كل شكل صمم لتصور به الذرة تصورا مرئيا لا بد أن يكون خاطئا ولن تصبح معرفة لون الجسم ممكنة إلا على حساب معرفة الحركات الذرية والالكترونية داخل هذا الجسم والعكس بالعكس - فإن معرفة الحركات الالكترونية تدفعنا إلى التضحية بمعرفة اللون والطاقة والحرارة ، وكلاهما يمكن إخضاعه لرياضيات الذرة - ولا تقبل النظرية الذرية الحديثة أية خاصية للأجسام ندرکها بحواسنا إلا بعد تحليلها ولا يمكن أن تنتقل هذه الخاصية أوتوماتيكيا إلى أصغر جسيمات المادة^(١)

طبيعة المادة وقوانين عدم الفناء مع بداية العصر الحديث

في نشأة العلم الأول أرتضى العلماء قانون السببية Causal Law من غير مناقشة واتخذوه قاعدة يسترشدون بها في العالم الطبيعي - فأدى ذلك إلى الكشف عن قوانين وضعت في الصيغة العامة القائلة : أن سببا معينا (أ) يؤدي إلى نتيجة معروفة (ب) .

Rossiter; The Growth of Science. London. 1950 p.32

(١)

وقد كان في أستطاعة الاساس الاول أن يعرف هذا القانون بسهولة وم يكن عليه إلا أن يراقب تأثير الشمس في الصقيع أو تأثير أيام الصيف الطويلة في أنهار الجليد الجبلية كما كان في أستطاعته أن يلاحظ أن البرد في الشتاء يعيد الماء إلى جليد - ويحتمل أنه أستطاع أن يعرف في مرحلة أخرى من مراحل تقدمه أن مقدار هذا الجليد العائد من تجمد الماء المنصهر يساوى مقدار الجليد الأول قبل انصهاره (جليد \rightarrow ماء \rightarrow جليد) وفي علم الطبيعة الحديث قوانين مألوفة من هذا الطراز يطلق عليها « قوانين عدم الفناء » .

فقانون عدم فناء س أي كانت س هذه ، معناه أن جميع ما في الكون من س يبقى ثابتا على الدوام فلا يستطيع شيء أن يحول س إلى شيء آخر غير س ، وفي آخر القرن الماضي أقر علم الفيزياء ثلاثة قوانين أساسية لعدم الفناء^(١) وهي قوانين :

١ - عدم فناء المادة Conservation of Matter

٢ - عدم فناء الكتلة Conservation of Mass

٣ - عدم فناء الطاقة Conservation of Energy

ولقد كان قانون عدم فناء المادة أكثر القوانين الثلاثة الكبرى قداسة وقد استخدمه ديموقريطس في فلسفته الذرية التي فرضت أن كل أنواع المادة تتكون من ذرات لا يمكن استحداثها ولا تبديلها ولا إفناؤها - وكانت تقرر أن ما يحتويه الكون من مادة تبقى ثابتة على الدوام لا تتغير - وكذلك يبقى ثابتا ما يحتويه أي جزء من الكون أو أي حيز في الفضاء من مادة . وكان القانون الثاني قانون عدم فناء الكتلة Conservation of Mass أكثر حداثة في الوجود - فقد فرض نيوتن أن في كل جسم أو قطعة من مادة مقدارا متصلا به لا يتغير - هو كتلته Mass التي يقاس بها « قصوره الذاتي » - Inertia أو مقاومته لتغيير حركته - فإذا لزم لسيارة ما ضعف القوة التي تلزم لسيارة أخرى ليكون في مقدورنا أن نتحكم في سرعة الأولى كما نتحكم في سرعة الثانية قلنا أن كتلة الأولى ضعف كتلة السيارة الثابتة - وكذلك يقرر قانون الجاذبية Gravitationlaw أن قوى الجذب الواقعيتين على جسمين تتناسبان بالضبط مع كتليهما ، فإذا ثبت أن قوى جذب الأرض لجسمين متساويتان وجب أن تكون كتلتاهما متساويتين أيضا - ويتبع ذلك أن تكون أسهل طريقة لتقدير كتلة جسم ما هي أن يوزن هذا الجسم . وقد أثبت علماء الكيمياء أن ذرات ديموقريطس لا يحق أن تسمى بمدلول اللفظ اليوناني Atom (غير قابل للتجزئة) فقد ثبت أن الذرات تنقسم ولذلك سميت ذرات ديموقريطس بالجزئيات

(١) A. D., Abro, The Evolution of scientific Thought From Newton to Einstein. 1950 p.59

Molecules واحتفظ باسم الذرة للوحدات الصغيرة التي يمكن أن تنقسم إليها الجزيئات .

كما تبين أن قانون عدم فناء الكتلة Conservation of Mass ليس صحيحا صحة مطلقة ففي تجربة على فوق أكسيد الأيدروجين وجد مجموع وزن الأكسجين الذي يتصاعد من فوق أكسيد الأيدروجين ووزن السائل الذي تبقى يزيد قليلا على وزنه الأصلي كما وجد أن اللوح الفوتوغرافي يزيد وزنه إذا عرض للضوء . حيث كان يهمل وزن الضوء الذي تمتصه جزيئات فوق أكسيد الأيدروجين أو بروميد الفضة (ف ب) .

أما القانون الثالث أى « قانون عدم فناء الطاقة » فهو أحدث القوانين كلها حيث توجد الطاقة على أشكال متعددة مختلفة ويمكن تحويل إحداها إلى الأخرى^(١) - وقد أثبت « نيوتن » أن الطاقة الميكانيكية الخالصة «لا تفنى» فإذا اصطدمت كرتان من البليارد ومثلا تغيرت طاقة كل منهما ولكن مجموع طاقتيهما لا يتغير وكل الذى يحدث أن تعطى إحداها من طاقتها للأخرى دون أن تكتسب أو تفقد طاقة ما في أثناء هذا التبادل - مع افتراض أن الكرتين تامتى المرونة وهذا يصعب حدوثه وقد أجرى جول J.P Joule سلسلة من التجارب الهامة فيما بين ١٨٤٠ - ١٨٥٠ فقاس الطاقة الحرارية Heat energy وحاول أن يقيس الطاقة الصوتية Sound energy بجهاز يشبه الآلة الموسيقية Violoncello وأثبت أن الطاقة تتحول ولا تنعدم وأن ما يفقد في الظاهر من طاقة الحركة Kinetic energy يعوض عنه بظهور مقدار مساو له بالضبط من الطاقة الحرارية والصوتية - فطاقة حركة قطار مندفع تعوضها طاقة مساوية لها من صوت الماكينات وتسخين العجلات والقضبان .

استمرت هذه القوانين الثلاثة طوال النصف الثانى من القرن التاسع عشر لا يتحداها متحد ، وكان العلماء يؤمنون بهذه القوانين إيمانا جعلهم يعدونها قوانين عامة لا تنازع - وهى المسيطرة على كل الخليقة إلى أن يم السرج . ج . طومسون J.J. Thomson

(١) أمكن لكارلو Carno أن يضع مبدأ تدهور الطاقة في أثناء تحولها العديدة حيث تم هذه التحولات في اتجاه معين ، ولا يمكن أن تتحقق في الاتجاه العكسى إلا بفقد جزء من الطاقة فمثلا يمكن أن تنتقل كمية حرارية بأكملها من جسم حار إلى جسم بارد وليس العكس يمكننا كذلك يمكن تحويل طاقة حركية بأكملها إلى طاقة حرارية وليس من الممكن تحويل طاقة حرارية بأكملها إلى طاقة حركية ، إذ يفقد جزء من الحرارة إما عن طريق الاشعاع ، وإما بصره إلى بعض المواد الموصلة للحرارة كالمعادن ، ويترتب على هذا أن الطاقة في الكون آخذة في النقصان التدريجى غير الملموس

راجع : د. محمود قاسم / المنطق الحديث ومناهج البحث - الطبعة الثالثة مكتبة الانجلو ١٩٥٤

ص ٢٧١

ببحث نظري أبان فيه أنه من المستطاع تغيير كتلة أى جسم مكهرب إذا ما حرك ، كما أبان أنه كلما زادت سرعة هذا الجسم زادت كتلته - وهذا يتعارض مع رأى نيوتن بأن الكتلة ثابتة لا تتغير فاخفتت بذلك من ميدان العلم إلى وقت ما قاعدة عدم فناء الكتلة ، حيث لم يكن من المستطاع اختبارها بالملاحظة - لتعذر شحن الأجسام العادية بالكهرباء ولتعذر تحريكها بما يكفى من السرعة لظهور ما تنبأ به ج . ج . طومسون من تغيير ملحوظ فى كتلة هذه الأجسام .

طبيعة المادة فى العصر الحديث :

افترض مفكرو الأزمنة القديمة قابلية المواد للانقسام وحاولوا أن يبتدوا إلى أساس لفهم ملامح الدوام للظواهر الطبيعية رغم تنوعها وقابليتها للتغير ، ومع بداية العصر الحديث كانت أفكار النظرية الذرية لجون دالتن Dalton قد ساهمت فى سبيل تقدم الفيزياء والكيمياء منذ عصر النهضة . إلا أنها أعتبرت حتى مطلع هذا القرن مجرد فرض . ومع نهاية القرن التاسع عشر وبفضل التقدم التكنولوجى فى إجراء التجارب وتسجيل النتائج أمكن الحصول على معلومات عن الجسيمات المكونة للذرات ذاتها وتبين خطأ الاعتقاد بأن الذرة هى أبسط مكونات المادة ولا تنقسم . وأصبح فهم ذلك أمراً مستطاعاً . وكانت قد أتاحت لنا آراء جاليليو Calileo ضرورة أن يقوم وصف الظواهر على كميات قابلة للقياس واستبعاد الآراء التى أعانت طويلاً صياغة الميكانيكا بطريقة معقولة .

ولقد أسهمت مبادئ نيوتن Newton فى إمكانية التنبؤ بحالة أى مجموعة فيزيائية فى وقت لاحق إذا علمنا حالتها فى لحظة معينة أو معلومة ، بل يمكن القول أن مبادئ نيوتن تعنى قبل كل شئ إيضاحاً بعيد المدى لمشكلة العلة والمعلول ، إذ أتاحت لنا التنبؤ بالحالة المقبلة لأية مجموعة إستناداً إلى حالتها السابقة وهى حالة تحددها كميات قابلة للقياس . مما دعى إلى التصور الميكانيكى للطبيعة فى حين أن ديكارت Decartes يرى أن المادة تتخذ أشكالاً مختلفة لأنها امتداد فى المكان بفعل حركاتها وحيث رفض الفرض الذرى وفرض العناصر الأربعة . بعد ذلك إتضح ومع التقدم العظيم فى الفيزياء فى القرن الأخير أن الأفكار الذرية متزايدة الغراء والخصوبة - وتوصلنا عن طريق التطبيق المباشر للميكانيكا الكلاسيكية إلى معرفة التأثيرات المتبادلة بين الذرات والجزيئات أثناء الحركة التى لا تتوقف وإلى فهم عام لمبادئ الديناميكا الحرارية . بفضل أبحاث كلارك مكسويل Maxwell حين وضع قوانين الغازات وخواصها الحرارية فى مبادئ أساسية على أساس الفرض الذرى .

طبيعة المادة المعاصرة :

خلال أربعين عاما مرت طبيعة المادة بمراحل أربع هي :

- (أ) المادة مؤلفة من ذرات جسيمية .
- (ب) المادة موجات وليست ذرات .
- (جـ) المادة جسيمات وموجات معا .
- (د) الجسيمات والموجات مؤلفة من حوادث .

(أ) المادة مؤلفة من ذرات جسيمية :

مع بداية القرن العشرين ومع ظهور خاصية النشاط الإشعاعي أمكن دراسة الكثير من خصائص المادة ، التي ازدادت بتقدم وسائل التكبير وأمكن التوصل إلى معرفة المجموعات الذرية^(١) ولم تعد الذرة أبسط مكونات الكون - وكانت أولى الخطوات هي الأهتمام إلى الإلكترون باعتباره مكونا مشتركا في كل المواد وعلى أثر اكتشاف رذرفورد للنواة الذرية التي تضم في حيز متناهى الصغر كل كتلة الذرة تقريبا استكملت بشكل أساسى أفكار العلماء عن البناء الذرى .

ولقد فسر الفيزيائيون سر عدم تغير العناصر خلال العمليات الفيزيائية والكيميائية حيث النواة تظل كما هي على الرغم من ارتباطها بالإلكترونات التي تتأثر تأثيرا بالغيا سواء بالزيادة أو النقصان، ثم أستطاع « رذرفورد » أن يثبت قابلية النواة للتحويل عندما تستخدم عوامل أقوى مثل قذفها ببروتونات أو نوى عناصر أخرى - وهذه الأبحاث هي التي قادت الفيزيائيين إلى إمكان إطلاق مقادير هائلة من الطاقة مخزنة في النواة . وعلى الرغم من أن كثيراً من خواص المادة أمكن تفسيرها تبعاً للصورة البسيطة للذرة إلا أنه كان واضحاً أن الأفكار الكلاسيكية للميكانيكا والكهرومغناطيسية ليست كافية لتفسير الاستقرار الأساسى للتكوينات الذرية الذى أظهرته الخواص النوعية للعناصر .

(١) المجموعات الذرية : هى الشق الحمضى المكون للأملاح والمركبات وقد تكون أحادية أو ثنائية أو ثلاثية مثل الأيدروكسيد ، الأمونيوم ، والكلوريد ، والنترات ، وهى مجموعات ذرية أحادية الأيدروجين ومثل الكربونات والكبريتات كمجموعات ذرية ثنائية الأيدروجين ومثل الفوسفات كمجموعة ذرية ثلاثية الأيدروجين ويستخدم المنهج الرمزى في التعبير عن هذه المجموعات .

راجع :

Gerlach, W.; Matter, Electricity, Energy. D. Van Nostrand Co., 1928
p.218

وكان لاكتشاف نظرية الكوانتم في السنة الأولى من القرن العشرين أثره في تحليل قوانين الإشعاع الحراري - أوضح هذا الاكتشاف أن النظريات الفيزيائية الكلاسيكية ليست صحيحة إلا عندما تصف ظواهر تتكون عند تحليلها من أفعال كبيرة جداً بالقدر الذي يسمح باهمال كم الإشعاع والتجاوز عنه وقد أمكن بفضل الجهود الذاتية لجبل من الفيزيائيين الوصول تدريجياً إلى إقامة وصف متماسك شامل للظواهر الذرية . وهذا الوصف أستخدمت فيه الرياضيات الرمزية التي تتضمن ثابت بلانك حيث مهدف إلى إقامة علاقات بين مشاهدات حصل عليها الفيزيائيون في ظروف محددة . هذه العلاقات الرياضية لها الطابع الاحصائي .

(ب) المادة موجات وليست ذرات :

وجد العلماء أن الطبيعة الذرية للإشعاع - لم تعد قادرة على تفسير سرعته وأن الذرة في حركة جزيئاتها لا تصل إلى هذه السرعة إلا أن ماكس بلانك قد أثبت أن بالذرة طاقة تتخذ عدة صور ضوئية وحرارية وصوتية وكهربية وحركية ومغناطيسية وطاقة ترابط كيميائي في المركبات - والطاقة الضوئية منها ما هو مرئي - أما غير المرئي فهو الإشعاع الذي يتخذ صوراً موجية كثيرة كالمستخدمة في أجهزة الإرسال والاستقبال . والذرة ليست موضوع إدراك مباشر بالحواس وإنما معرفتنا لها استدلالية بإشارة الإلكترونات^(١) في المدارات الخارجية للعنصر الأشعاعي المستخدم بأشعة ألفا (دقائق نوى الهيليوم) فتكتسب إلكترونات المدار الخارجي طاقة - فتنطلق موجة ضوئية على هيئة إشعاع يتحرك بسرعة الضوء . إلا أن الذرة نفسها في حركة جزيئاتها لا تصل إلى هذه السرعة . في هذه الفترة أدرك العلماء وجه التشابه بين الموجات الصوتية والضوئية فالصوت يتحرك في الهواء عبر اهتزازات موجية والضوء بالمثل وترغم المناداة بهذه النظرية العالمان الفيزيائيان « لويس دي بروي » « وشرودنجر » - في نفس الفترة كان « هيزنبرج » قد أعلن مبدأ اللايقين أو اللاتحديد وعدم إمكانية تحديد الوضع المكاني للإلكترون وتحديد سرعته في لحظة واحدة .

كل ذلك دعم القول أن ذرات المواد من طبيعة موجية لا جسيمية لها شحنات كهربية وأن هذه الطبيعة الموجية لا تدرك أيضاً بالحواس والمباشرة وليس لها وجود فيزيائي محدد . وإنما هي تصور عقلي نفهمه من الرموز الرياضية المجردة المستخدمة للاستدلال . وأن الضوء

(١) Stokley, James; **Electrons in action**. Mc Grow-Hill Book Co., 1946 p.28

يتألف من جسيمات هي فوتونات Photons وفي إطار النظرية الجسيمية أمكن القول أن الضوء يتألف من جسيمات تقذف بها الشمس من كتلتها - في حين أن ما ندرسه ليس بروتونات والكترونات وإنما ما نسميه طاقة^(١) Energy. توجد الطاقة في كل جزء من المادة وقد تكون هذه الطاقة حرة Free energy وتسمى إشعاعاً Radiation وهذا الإشعاع يتألف من جسيمات نطلق عليها فوتونات وهي إحدى صور الطاقة ، وهذا ما يقودنا إلى تصور بلانك ، ومواده أن الإشعاع أو الفوتون إنما هو من طبيعة جسيمية لا موجية ، حيث أن الفوتون ينتقل بسرعة عبر الخلاء في خطوط مستقيمة وقد تبين ذلك عند إمراره إشعاع في غاز - فتأينت وتبعثت جزيئات الغاز ، فإذا كان الإشعاع مؤلفاً من موجات أثيرة لتبعثت كل جزيئات الغاز أو أغلبها - وهذا ما لم يحدث ، ومن ثم كان تأييد بلانك لنظرية نيوتن الجسيمية في الضوء . إلا أن اكتشاف هيزنبرج لمبدأ الملاحظين ، دعم القول أن الذرات من طبيعة موجية - ليس لها وجود فيزيائي محدد وليست موضوع ملاحظة حسية مباشرة . يقول عنها جيمس جينز : إنها أى الموجات تركيبات عقلية يتصورها العلماء لتفسير ما يحدث داخل الذرة ولا يمكن وصفها إلا في صيغ رياضية رمزية ولا تعرف الموجة الضوئية إلا بتأثيرها على الأعصاب البصرية .

(جـ) المادة جسيمات وموجات معا :

في منتصف الثلاثينات أعلن العالمان الفيزيكان « هيزنبرج » و « ماكس بورن » أن ذرات المواد تفسرها الطبيعة التكاملية المزدوجة أى أن ذرات المادة جسيمات وموجات معا وأن الضوء جسيمات حين تسقط أشعته على أى جسم وموجات حين ينطلق عبر الفضاء .

وهكذا نصل إلى خلاصة التصورين الجسيمى والموجى للمادة أو الطاقة على أنهما مظهران لواقع واحد ، ولا يمكن التعبير عن ذلك التكامل إلا برموز ، رموز رياضية ذات تراكيب معقدة .

وأمكن للعلماء تطبيق التصور المزدوج على كل صور المادة والطاقة مع الالتزام بالوصف التجريدى الرياضى والذى لم يجد العلماء سبيلا سواه .

(١) وصل هيزنبرج إلى نقطة هامة في طبيعة المادة : وهي أنها غير معروفة بمعنى أننا لانستطيع القول أن المادة تتألف من ذرات أو من طاقات - نستطيع فقد أن نقول أننا نعرف المادة عن طريق الذرات أو الطاقة : راجع : د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ص ١٨٠ - ١٨١ دار الجامعات ٧٤

أثبت رذرفورد أن الذرة تتكون من الكتلونات سالبة الشحنة الكهربائية وبروتونات موجبة الشحنة وقد أمكن فصل كليهما خلال التجارب مع انطلاق كميات هائلة من الطاقة والأشعاع . وفي عام ١٩٠٥ توسع أينشتاين Einstein في تطبيق هذه النظرية وتعميمها ، فقد أثبت أن كل ما يمكن أن نتصوره من أنواع الطاقة يجب أن تكون له كتلة - ودلت بحوث أينشتاين أن كتلة الطاقة أيا كان نوعها موقوفة على مقدار الطاقة وحدها وتناسب معها بالضغط وهذه الكتلة صغيرة جدا فالطاقة التي يذلها انسان في عمل يدوي شاق خلال حياة طويلة الأمد لا تزن أكثر من $1 \div 60,000$ من الأوقية . وأصبحت الكتلة تتكون من مجموع كتلتى السكون والطاقة . ولما كانت كلتا الكتلتين على انفراد باقية لا تفنى « الأولى لأن المادة باقية والثانية لأن الطاقة باقية » فلا بد أن تظل الكتلة في مجموعها باقية لا تفنى - هكذا كشفت الفيزياء أن لبقاء الطاقة شأنًا في بقاء الكتلة وأصبح من المقرر الآن أن السبب الوحيد في بقاء الكتلة هو أن المادة والطاقة باقيتان كلتاهما على انفراد ، وطالما كانت الذرات معدودة باقية لا تفنى وأنها كما قال مكسويل « أحجار بناء الكون التي لا تنعدم » فقد كان من الطبيعي أن ينظر إليها على أنها مكونات الكون الأساسية - أى أن الكون يعد كونا من الذرات ، ليس للإشعاع فيه إلا أهمية ثانوية . وافترض أن الذرة حين تنذبذب - تصدر إشعاعا إلى أمد قصير . وهذا يفسر لنا لماذا استحال على الإنسان أن يتصور كيف استطاعت الشمس أن تستمر على الأشعاع آلاف الملايين من السنين أو أكثر . أمكن « لفراداي ومكسويل Faraday & Maxwell تقديم المزيد من الأيضاح للجسيم المكهرب فشبهوه بمجسم تخرج منه زوائد أو قرون الأستشعار وتسمى « خطوة القوة » تنتشر في الفضاء فإذا تجاذب أو تنافر جسمان مكهربان فالسبب يرجع إلى إشتباك أو دفع الزوائد في كليهما بطريقة ما وهذه الزوائد تتكون من قوى مغناطيسية وكهربائية يصدر عنها الإشعاع - هذا التصوير جعل المادة والأشعاع أوثق^(١) ارتباطا مما كانا من قبل ، ولما كانت أنواع الأشعاع جميعها صورا وأشكالاً من الطاقة وجب أن تكون طبقا لقاعدة أينشتاين ذات كتل أيضا ، فإذا ما بعثت الذرة اشعاعا نقصت كتلتها بقدر كتلة الأشعاع المنبعث منها . فإذا أحرقت قطعة من الفحم فإن وزنها لا يساوى وزن ما ينتج عنها من رماد ودخان فقط بل يجب أن يضاف إلى وزن الرماد والدخان ووزن الضوء والحرارة اللذين ينبعثان في أثناء عملية الاحتراق -

وعندئذ فقط يكون المجموع الكلى مساويا لوزن قطعة الفحم الأصلية بالضبط ولذلك يلوح أن ما كان يقال في القرن السابع عشر من أن الضوء مجرد جسيمات Particles وما كان يقال في القرن الثامن عشر من أن الضوء مجرد موجات Waves يلوح أن كليهما كان صواباً .

ذلك أن الضوء وجميع أنواع الاشعاع من غير شك عبارة عن جسيمات وأمواج في وقت واحد - إن الاشعاع الواحد قد يتخذ لنفسه شكل جسيم وموجة في وقت واحد فهو تارة يسلك مسلك الجسيمات وتارة يسلك مسلك الموجات ولم تعرف بعد قاعدة عامة يستدل منها أى مسلك سوف يختاره الإشعاع في أى حالة خاصة . وواضح أنه لكى ندرك ثبات المادة في الطبيعة لابد من افتراض أن الجسيمات والأمواج في جوهرها شيء واحد . أما الإلكترونات والبروتونات وهى الوحدات الأساسية المكونة للمادة - فهى كذلك تظهر في شكل جسيمات حيناً وعلى هيئة موجات حيناً آخر - فقد كشفت الطبيعة الشائبة للإلكترونات والبروتونات حديثاً - أنها تبدو في شكل جسيمات وموجات معا بمثل الصورة التى عرفت في طبيعة الاشعاع^(١) .

وقد بين أينشتين أن الطاقة لابد لها من كتلة ، ولما كانت كل التجارب تشير إلى صحة نظريته - أصبح من المقبول أن للطاقة وللأشعاع كتلة وأن قطعة الفحم المتوهجة إذا وزنت هى وما تخلف عن إحتراقها لوجد فارق بين هذا الوزن وبين وزنها قبل الاشتعال ، هو وزن الضوء والحرارة والصوت ونحو ذلك من أشكال الطاقة المنبعثة من التوهج . هذه الطاقة على اختلاف أشكالها يمكن أن ترد إلى طاقة شعاعية هى التى ترد إليها المادة في كل صورها وأشكالها . هكذا انتهى الأمر بالمادة إلى أن أصبحت اشعاعاً متحركاً متوجاً منطلقاً في غير وسط مكافئ - ولم يعد هناك ما يوجب إحكام حركة هذا الإشعاع بمقاييس الزمان كما كان يحكمها الأقدمون في قياسها بعلاقاتها المكانية والزمانية .

فقد حلت محل كل هذه الأفكار - أفكار جديدة مستمدة من نسبية أينشتين . مادامت المادة كلها إشعاعاً في حالات مختلفة متجسدة مرة ومنطلقة في هيئة ضوء أو مغناطيسية أو حرارة أو كهرباء .. ألغ فليس في الكون كله شيء غير الإشعاع - وكل ما هنالك مما يحيل للانسان من التغيرات - هو تغيرات اشعاع متجسد من إشعاع منطلق - إن التمييز بين أنواع الأشعة إنما يرجع في كثير من عناصره وأحواله إلى فكرة المكان المتميز فيه الجسم المشع - وفكرة الزمان المستمر فيه الجسم المشع على البقاء ، إن حركة الشعاع ليست مطردة - هذا ما أثبتته بلانك . إن المعدن المشع يخرج نبضات متقطعة منفصلة وأن الضوء يتحرك في

(١) A. D., Abro; The Evolution of scientific thought. 1950. p.208

قفزات تموجية غير مطردة على نسق واحد ، وأن الفرق بين القفزة والقفزة قد يصل في بعض الأحيان إلى أربعة سنتيمترات وأنها لا ضابط لها قد تطول إذا شئت وقد تقصر إذا أرادت بحيث يتعذر التنبؤ بالقفزة التالية بناء على كل ما سبقها من قفزات^(١) . ليس في الأمر إطراد إذن - يزيد هيزبرج الأمر تقريراً وثبوتاً حين يقرر أن التجارب الفيزيائية على اختلاف أنواعها لا تتشابه على الإطلاق ولا تأتى تجربة منها وفاقاً للتجربة الأخرى تمام الموافقة مهما اتحدت الظروف وأجهزة القياس . ليس هناك إطراد وإن كان نجيل للانسان في حياته اليومية أنه قائم .

تفتت المادة إلى جزيئات متناهية في الصغر ويصدر عنها نشاط إشعاعى ، ويموج الشعاع في قفزات ما ويبحث العلماء لموجاته عن وسط أو مكان فلم يجدوا - بحثوا في كل اتجاه وساروا وراء كل احتمال أو فرض عساهم ينقذون المادة من الاحتمية القاسية . ويرجعونها إلى خضوعها للقوانين الكلاسيكية القديمة فلم يتمكنوا وأصبح لزاماً عليهم أن ينظروا للمادة على أنها قوة أو طاقة أى أنها معادلة رياضية تحسب بالتجريد والمجردات .

(د) الجسيمات والموجات مؤلفة من حوادث :

لقد نشأت فكرة المادة حين كان الفلاسفة لا يخامرهم أى شك فيما يتعلق بمفهوم « الجوهر » فالمادة كانت تعتبر جوهرأً واقعاً في المكان والزمان ، والعقل كان جوهرأً واقعاً في الزمان فقط - ولقد أخذت فكرة الجوهر تزداد غموضاً في الميتافيزيقا بمضى الزمن . لكنها بقيت في علم الفيزياء حيث لا ضرر منها - حتى ظهرت النظرية النسبية « والجوهر » طبقاً لما جرى عليه التقليد - فكرة تتركب من عنصرين : أولهما أن الجوهر من الناحية المنطقية لا يقع إلا موضوعاً لقضية من القضايا ولا يقع محمولاً أبداً والثاني أنه شئ باق على الزمن - أو خارج عن نطاق الزمن كما هو الشأن في حالة (الله جل جلاله) وليس بين هاتين الخاصيتين صلة ضرورية - ولكن هذه الحقيقة لم تكن تحظى بالاهتمام لأن علم الفيزياء كان يقول أن أجزاء المادة لا تفنى ، والأديان تقول أن الروح لا تفنى ، فكلاهما إذن فيما ظن المفكرون له خصائص الجوهر - أما الآن فإن علم الفيزياء قد يضطرنا إلى اعتبار الأحداث المتلاشية جواهر بالمعنى المنطقي ، أى أنها موضوعات ولا يمكن أن تكون محمولات . فقطعة المادة التى حسبناها وحدة مستقلة باقية - هى في الواقع سلسلة من الحوادث Chain of Events^(٢) ولا يوجد مبرر يمنع من القول نفس الشئ عن

J, Jeans, Mysterious Universe. 1940. p.29

(١)

(٢) المفرد حادثة وهى شئ يسبق شيئاً آخر أو يتبعه أو يتداخل معه ، والمادة أو الطاقة أشبه بمخطط مؤلف من نقط يعبر كل منها عن حادثة من حوادث المادة أو الطاقة في حيز من المتصل الزمكاني -

العقل - فالذات الثابتة خرافة فيما يبدو - مثلها كمثل الذرة الدائمة فكلتاهما مجرد سلسلة من الحوادث التي توجد بينها بعض العلاقات ذات الشأن .

لقد أتضح أن المادة - ذلك الجوهر القديم المألوف الذي يتألف منه العالم هي أقرب إلى الغموض فالمادة يمكن أن تتحول إلى طاقة ، وإن لم يصدق هذا القول - فلدى كثير من دول العالم القنابل التي تثبت - والطاقة بدورها يمكن أن تتحول إلى مادة - وتبدو الجسيمات دون الذرية للمادة أشبه بجيوب للطاقة - وهكذا ، فإن الكون المؤلف من مادة لا يختلف عن كونه طاقة - وقد أدت هذه الأفكار بالفيزيائي الانجليزي المشهور « السير جيمس جينز » إلى النتيجة القائلة أن الكون قد يكون في أساسه ذا طبيعة روحانية .

منذ أن بدأ التفكير العلمي النظري هناك تصوران تقليديان للمادة ، ولكل منهما أنصاره ، كان هناك الذريون الذين رأوا أن المادة تتألف من أجزاء متناهية في الصغر - ولا يمكن تقسيمها أبداً - هذه الأجزاء تصطدم بعضها ببعض الآخر ثم ترتد بطرق متعددة وبعد نيوتن لم يعد من المفروض اصطدام هذه الأجزاء بعضها ببعض الآخر . وكان هناك أولئك الذين يعتقدون أن شيئا من المادة في كل مكان ، وأن الفراغ الحقيقي مستحيل وعلى رأس المعتنقين لهذا الرأي ديكرارت - وبغزون حركات الكواكب إلى دوامات في الأثير Ether وتسببت نظرية نيوتن في الجاذبية في إهدار قيمة الرأي القائل بأن المادة موجودة في كل مكان - خاصة وقد أعتقد نيوتن وتلاميذه أن الضوء راجع إلى جزيئات حقيقة تنتقل من مصدر الضوء^(١) - ولكن حين دحضت نظرية الضوء وثبت أن الضوء يتألف من موجات بعث الإثير من جديد حتى يوجد شيء يمكن أن يتموج - وزاد نصيب الأثير من الاحترام حين وجد أنه يلعب نفس الدور في الظواهر الكهرومغناطيسية Electromagnetic.P كما يفعل في انتشار الضوء . ثم جاءت الفيزياء الحديثة وزودتنا بالتفاصيل عن التركيب الذري للمادة دون المساس بفكرة الاثير - ويرجع الفضل في ذلك إلى جهود جول طومسون ورذرفورد وغيرهما ، وظهرت النسبية بعد ذلك لأينشتين وبدأت بالنظر إلى الأشياء مستبدلة الزمان والمكان بمتصل « الزمان - المكان » وأصبحت مقدمات المادة ما ارتأى البعض تسميته فيما اسلفنا بالحوادث Events والحادثة لا تبقى

== والحوادث في مجموعات تؤلف سلسلة مترابطة لعلاقات تحددها معادلات رياضية ولذلك فهي لا تقبل الادراك الحسى ولا توصف الا بالتجريد الرياضى .

راجع : د. محمود فهمى زيدان من بحث يجرى طبعه الآن .

Dampier, Sir William, A History of science.

(١)

في الصفحات من ٢٣٨ - ٢٤٢ عرض تاريخي للنظرية الجسيمية للضوء .

ولا تتحرك كقطعة المادة التقليدية ، إنها توجد في اللحظة التي تقع فيها ثم تنتهي . أى أن قطعة المادة تتحلل إلى سلسلة من الحوادث وكما كان الجسم الممتد عند ديكارت (في رأى القديم) مكونا من عدد من الجسيمات - فكذلك كل جسيم يتكون من حوادث لأنه ممتد في الزمان - وأطلق عليها جسيمات حادثة Event Particles ومجموعة سلاسل هذه الحوادث هي التي تؤلف تاريخ الجسيم كله وينظر إلى الجسيم « على أنه » تاريخه لا على أنه كيان ميتافيزيقي تحدث له تلك الحوادث .

وأصبح هذا الرأى ضروريا لأن النسبية ترغمنا على أن نضع الزمان والمكان في مستوى واحد لم يكونا عليه في الفيزياء القديمة يقول « برتراند رسل »^(١) : تتخيل النظرة السليمة أنها حين ترى منضدة ، فإنها ترى منضدة وهذا وهم . والحقيقة أن موجات ضوئية معينة تصل إلى العينين ، مسببة أحداثا للعصب البصرى وهذا يسبب بدوره أحداثا في المخ وأى واحد من هذه الأشياء يحدث بدون التمهيد ما يجعلنا نشعر بالأحاساسات التي نسبها (رؤية المنضدة) ولو فسرت المادة بأنها مجموعة من الحوادث ينطبق هذا على العين وعلى العصب البصرى وعلى المخ - أما فيما يتعلق باحساس اللمس حين تضغط على المنضدة بأصابعنا ، فإن هذا عبارة عن اضطراب كهربائى يحدث لالكترونات وبروتونات أطراف أصابعنا . ويقترح « برتراند رسل » لعدم التورط في المسائل النفسية بخصوص المادة ، أن المادة وما يحدث داخل الذرة من المحال معرفته على الإطلاق - فليس من الممكن تصور جهاز يمكن أن نحصل به ولو على لحظة من ذلك . والذرة تعرف بتأثيراتها بيد أن كلمة تأثيرات تنتمى إلى رأى في العلية لا يتلاءم مع الفيزياء المعاصرة - وعلى الأخص مع النظرية النسبية ولنا الحق في القول أن مجموعات معينة من الأحداث تحدث معا في أجزاء متجاورة من متصل (المكان - الزمان) . وحين يكون النظام الزمنى واحدا بالنسبة للمشاهدين جميعا ، فإن كل ما لدينا حقا عبارة عن رابطة بين حادثتين يمكن أن تصدق .

ومن الواضح أن جميع حقائق الفيزياء وقوانينها يمكن أن تفسر دون افتراض أن المادة شيء آخر سوى مجموعات من الحوادث بحيث تكون كل حادثة على نحو ينبغي أن ننظر إليه طبيعيا بوصفه « ناتجا » عن المادة موضوع الكلام - وهذا لا يقتضى أى تغيير في رموز أو صيغ الفيزياء فالمسألة مجرد تفسير للرموز ، وهذا التفسير سمة الفيزياء الرياضية ، فما نعرفه عبارة عن علاقات منطقية مجردة تجريدا شديدا ، علاقات نعبر عنها في معادلات رياضية ونصل عند نقاط معينة إلى نتائج يمكن اختبارها تجريبيا ، مثل مشاهدات الكسوف التي تأسست عليها نظرية أينشتين عن انحناء الضوء ، ويمكن أن يقال أننا

Russell, A B C of Relativity. p. 136.

(١)

نستطيع في المعالجة الرياضية للفيزياء أن نكون أشد يقينا من صحة المعادلات أكثر من يقين التفسير هذا أو ذاك .

يقول برتراند رسل : في تحليل الشيء إلى سلسلة من حوادث إن ما أعنيه فيما يختص بعدم دوام الكائنات المادية ، ربما ازداد وضوحاً إذا اتخذنا من السينما أداة للتوضيح^(١) - وهى وسيلة إيضاح كانت محببة إلى برجسون Bergson فعندما قرأت لأول مرة عبارة برجسون القائلة بأن الرياضى يتصور العالم على غرار السينما The Mathematician conceives the world after the analogy of a cinematograph. لم أكن قد رأيت السينما قط من قبل ، فزرتها لأول مرة مدفوعاً برغبة التحقق من صدق عبارة برجسون هذه - فوجدتها صادقة صدقاً كاملاً ، على الأقل من وجهة نظرى فنحن في دار السينما إذ نرى رجلاً يتدحرج على سفح الثل ، أو يعد وفراراً من البوليس أو يهوى ساقطاً في نهر - أو يفعل شيئاً من تلك الأشياء الأخرى التى لا ينقطع الناس في مثل هذه الأماكن عن فعلها - فنحن نعلم أنه ليس في حقيقة الأمر رجلاً واحداً هو الذى يتحرك ، بل هى سلسلة متتابعة من صور فوتوغرافية - كل منها يصور رجلاً يختلف عن الآخر اختلافاً مؤقتاً ، وإنما جاءنا الوهم بأنه رجل واحد في جميع الحالات من أن سلسلة الرجال المتتابعين على لحظات هى أشبه شيء باستمرار الكائن الواحد .

يقول برتراند : ما أود الآن أن أعرضه على سبيل الاقتراح هو أن السينما فى هذا الأمر تقوم بدور الميتافيزيقى على نحو أفضل مما يقوم به الإدراك العام فى الفيزياء أو الفلسفة فعقيدتى هو أن الرجل على حقيقة - إن هو الا سلسلة من رجال كل منهم دام لحظة . The real man is really a series of momentary men. وكل منهم يختلف عن الآخر - لكنهم جميعاً مرتبطون فى وحدة - لا عن طريق الذاتية العددية Numerical identity بل عن طريق الاستمرار ، وطائفة معينة من قوانين العلية Causallaws التى تدخل فى طبيعة الموقف - وهذا الذى ينطبق على الناس ينطبق كذلك سواء بسواء على المناضد والمقاعد وعلى الشمس والقمر والنجوم فينبغى النظر إلى كل من هذه الأشياء ، لا على أنه كائن واحد فرد يدوم على الزمن ، بل على أنه سلسلة من كائنات يتبع بعضها بعضاً فى الزمن ، وكل منها يدوم فترة غاية فى القصر ، ولو أنها على الأرجح فترة تزيد على اللحظة الرياضية التى هى بغير امتداد وموقف رسل هنا ، هو بعينه تصور أينشتين للكون فهو

راجع : Russell, B.; *Mysticism and logic*. p.123

(١)

Russell, B.; *Our Knowledge of the external world*.

Russell, B.; *An outline of philosophy*.

ليس مؤلفا من بشر وحيوانات وأشجار وبحار وصخور وكواكب ونجوم ومجرات ، وإنما هو مؤلف من حوادث أو أن هذه الموجودات ترد إلى حوادث ويستطرد برتراند فيقول : إنما الجأ إلى تقسيم الزمن على نفس الصورة التي اعتدناها في تقسيم المكان ، فالجسم الذي يملأ قد ما مكعبة هو في رأس الناس مؤلف من مجموعة من أجسام أصغر كثيرة العدد كل منها يشغل حيزا صغيرا في الفراغ - وهكذا الشيء الذي يدوم بقاؤه ساعة من زمان - ينبغي اعتباره مؤلفا من أشياء كثيرة يدوم كل منها فترة أقصر . فالنظرة الصادقة عن المادة تتطلب تقسيما للأشياء إلى جزئيات زمانية - كما تتطلب تقسيمها إلى جزئيات مكانية سواء بسواء^(١) .

A true theory of matter requires a division of things into time-Corpuscles as well as into space-Corpuscles.

إن عالم الطبيعة هو مجموعة كبرى من الحوادث غير أن هذه الحوادث يرتبط بعضها ببعض بأنواع العلاقات ارتباطا يوجب بتعاقب الحوادث في نقطة مكانية فنقول « ماضى وحاضر ومستقبل » .

وتتجاوز الحوادث بحيث تكون واحدة على يمين الأخرى أو يسارها أو فوقها أو تحتها فنقول هذا المكان أو ذاك ، ويكون بين الحادثتين المتجاورتين مسافة يمكن قياسها وهذه المسافة التي تفصل الحادثتين قد تكون مسافة من مكان وقد تكون فترة من زمن وإنما تكون المسافة زمنية حين يكون الجسم الواحد بعينه موجودا في الحادثتين معا وتكون المسافة مكانية حين تكون الحادثتان في جسمين^(٢) .

ولكن نحدد لحادثة من حوادث العالم وضعها مكانا وزمانا - يلزمنا أربعة أرقام - أحدها يدل على اللحظة الزمنية والثلاثة الأخرى تدل على أبعاد المكان الثلاثة . حين نتحدث عن « الذرة » نكون أميل إلى تصورها شيئا ثابتا ككرة صغيرة لها حدودها وأوضاعها الثابتة ، لا على أنها شحنة كهربائية ، الإلكترونات في حالة تحرك لموضعها كأنها خلية من النحل لا تستقر نحلة فيها على حالة واحدة في مكان واحد .

إن القول عن الذرة بأنها موجودة كالقول بأن النغمة الموسيقية موجودة - فإن كانت النغمة تتطلب زمنا لعزفها - فلا بد من تصورها كسلسلة حوادث تتصل بعضها ببعض في

(١) التجاور يكون في الزمان كما يكون في المكان بعد ظهور النسبية .

Russell. B.; The analysis of matter. NewYork 1924 p.275

(٢) نفس المرجع السابق ص ٢٨٠

تعاقب لتكوين نغمة واحدة - هكذا الذرة سلسلة من حوادث متعاقبة يتكون منها خيط واحد . ولكن كانت الرابطة في نبرات النغم هي الوحدة الجمالية فإن الرابطة في حوادث الذرة هي الوحدة العلية المعينة التي تبرر أن نطلق على « الشيء » اسماً واحداً . فلا بد لنا من تصور « الشيء » كأننا ما كان على أنه كالمسرحية أو كالنغم الموسيقى أو الشريط السينمائي - خيط من حوادث يرتبط بعضها ببعض بعلاقات عليّة . هكذا نصل بأنه على مر العصور لأمل لنا في الوصول إلى طبيعة المادة وانما معرفتها ومعرفتنا المعاصرة محدودة برموز رياضية ترشد لفهم المادة ولا نتحدث عن طبيعتها .

ان الفلاسفة ورجال العلم كلهم دائبو الفكر والبحث والتأمل لكي يصلوا إلى كشف أسرار الحياة الغامضة وقد قال أفلاطون Plato إن كل محب للمعرفة لابد أن يجرى وراء الوجود . فلن يرتاح إلى تعدد الظواهر التي هي في الحقيقة مجرد ظاهر ، لا حقيقة^(١) .
The true of knowledge is always striving after being... He will not rest at those multitudinous phenomena whose existence is appearance only
وقال : « إن دنيا الرؤية مثل بيت السجن » وكل طريق سلكته العلوم للهروب من هذا السجن يؤدي إلى مسالك غامضة من الرموز والتأملات .

إن مطلب العلماء والفلاسفة لمعرفة طبيعة أو حقيقة المادة الكونية يبدو عسيراً - ولو افترض أن كل شيء لا يعتبر موجوداً إلا برؤيته فان العالم يتحلل إلى فوضى من الإدراك الفردي ولكن هناك نظاماً غريباً في مداركنا كأنما توجد طبقة سفلية للحقيقة الموضوعية التي تترجمها حواسنا - ومن المستحيل أن يعرف أى إنسان إن كان يتفق مع غيره في مدى احساسه باللون الأحمر أو ادراكه لنغمة معينة ولكنه من الممكن افتراض أن كل الناس تتشابه في رؤية الأحمر والأستماع إلى النغمات . هذا الانسجام الوظيفي للكون لابد وأن ينسب فضله إلى « الله جل شأنه » كما يرى ديكارت وسبينوزا وبيركلي .

وعلماء الطبيعة المعاصرون يؤكدون أن الكون يعمل على أسس رياضية وأنها الدقة الرياضية لكل ما نلاحظه من ظواهر في الكون هي التي يعود إليها الفضل في تدعيم العلماء أمثال بلانك وأينشتين على التنبؤ وكشف القوانين الطبيعية . وذلك على الأساس البسيط المستخدم لديهم من حل المعادلات الرياضية ولذا يرى العلماء اليوم أنه كلما تقدمت العلوم الرياضية - تقل الهوة بين معرفة الإنسان والكون - كما أنه من المؤكد أن أكثر غوامض الكون توجد في العوالم البعيدة عن احساس الإنسان وادراكه - وأن العلم بسبب عجزه عن وصف الحقيقة - لابد أن يقنع بملاحظة نتائج معادلاته الرياضية وقد اضطرت

L. Barnett; The Universe and Dr Einstein 1956 p.116

(١)

العلوم إلى تجاوز حدود الحواس « للتمييز بين المظهر والحقيقة » "Distinguish appearance from reality" أو بين المشاهد وحقيقته أو لمعرفة أسرار الكون وكشف عطاءه وقد أشار أينشتاين إلى العلوم فقال : « ان أهم ما وصلت إليه العلوم من بناء صرح إنما كان ثمنه في النهاية فراغ المكونات » « لأن الحياة التي يعرفها الإنسان هي في الواقع تلك الحياة التي يدركها بحواسه لأنه لو أزال كل أثر مع آثار حواسه ومن كل ما تختزنه ذاكرته فلن يبقى له شيء إطلاقاً وهذا ما عناه الفيلسوف هيغل Hegel في قوله : « ان الوجود الخالص يعادل لا شيء » . أو لا شيء اسمه الوجود الخالص (١) "Pure Being and nothing are the same" ولا معنى للوجود إذا فصل عما يحيط به - ومن ذلك فإن الدنيا في نظر المفكرين من العلماء والفلاسفة دنيا الضوء وطول الموجات وليست دنيا السماء الزرقاء والأشجار الخضراء ، وتلك الدنيا التي يدركها الانسان بحواسه ، والتي تسجنه فيها طبيعته الأساسية . وما يسميه المفكرون من العلماء والفلاسفة بدنيا الحقيقة لا يعدو أن يكون بناءً كونياً من الرموز وهذه الرموز متغيرة ، فبينما كان علماء الفيزياء في القرن الماضي يرون أن اللون القرمزي للوردة من صفاتها الذاتية نتيجة الأحساس بجمالها ، فإنهم كانوا يعتقدون أن حقيقة هذه الصفة نتيجة اهتزازات الأثير . Oscillation of luminiferous ether ولكن العلماء المعاصرين يرون أن هذا اللون نتيجة طول موجة خاصة ويمكن القول أيضاً أنه نتيجة طاقة الفوتونات . وبالاختبار نجد آراءنا عن الجاذبية والكهرومغناطيسية والطاقة والتيار وكمية التحرك والمذرة والنيوترون كلها آراء نظرية واستعارات مستنبطة من معادلات رياضية ، رأى الانسان الاستعانة بها في تصوير أبعاد الحقيقة - تلك الحقيقة الموضوعية الكامنة تحت المظاهر السطحية . ولذلك يصعب على العلماء إعلان أى حقيقة بصورة نهائية - بل على النقيض من ذلك فإن العلماء المعاصرين أصبحوا يثقون في أن كل ما يشاهدونه لابد وأن يكون في هذه المشاهدة شيء من الانحراف (٢) .

ففى بحوث العلماء عن الذرة وصلوا إلى الأزواج والتردد والتناقض بل ولعل العوائق التي تعوقهم دون الوصول للحقيقة تتذرهم بعدم الأمان والتوغل في الوصول إلى قلب الأشياء حتى لا يغيروا العمليات التي يجرون وراء مشاهدتها . وفي بحوث العلماء عن الكون وصلوا في النهاية إلى متصل « المكان الزمان » وتكافؤ الكتلة والطاقة وتعادل المادة والمجال ولو أن العلوم الفيزيائية لا تستطيع أن تعرف حقيقة طبيعة المادة والأشياء إلا أنها قد نجحت في تعريف علاقاتها ووصف حوادثها .

(١) نفس المرجع السابق ص ١١٨

(٢) نفس المرجع السابق ص ١١٩

يقول هوايتهد Alfred N. Whitehede ان الحادثة هي الوحدة التي تتألف من تعددها
حقائق الأشياء^(١) . أو هي الوحدة التي تؤلف الأشياء على حقيقتها The events is the
unit of things real. ويقصد من وراء ذلك أنه مهما تغيرت النظم النظرية ومهما تغيرت
رموزها - فان أهم حقائق العلوم الفيزيائية هي « الوقائع والحوادث » Activities and
events .

الخلاصة :

لقد شهدت الفلسفة اليونانية القديمة أعلاما من رجالها يصفون طبيعة المادة الكونية
بمثل ما يصفها به علم الطبيعة الحديث - لولا أنهم كانوا يتحدثون بلغة الكيف . وهذا
العلم الحديث يتكلم بلغة الكم . العلم الحديث لم يتحدث عن التراب والهواء والماء والنار
وأشباهاها على أنها العناصر الأولية - بل رد هذه كلها إلى أنواع من الذرات التي لا تختلف
كيفما بل تختلف كما - فذرة أقل من أخرى في عدد الالكترونات السالبة أو الموجبة -
وكذلك لم يعد العلم الطبيعي الحديث يتحدث باللغة الكيفية التي كان يتحدث بها
الفلاسفة الأقدمون من حيث امتزاج العناصر وانفصالها .

ان فلاسفة الماضي وعلماء الحاضر المعاصر قد يتناولون موضوعا بذاته ، ويتفقون
على فكرة بعينها لكن موضوع الاختلاف بينهم هو أن فلاسفة الماضي كانوا يتكلمون بلغة
الكيف فجاء علماء الحاضر يلتمسون طريقهم إلى لغة أخرى هي لغة الكم .

أصبح علم الطبيعة يستخرج متوسطات وقياس سرعات محتملة ويحسب بالدقة أبعاد
المتصل الزمكاني ، كل ذلك باستخدام المعادلات الرياضية المجردة وحساب الاحتمال
الاحصائي .

إن الاكتشافات العلمية المعاصرة في الفيزياء والكيمياء تستند إلى افتراض وجود أشياء
لا يمكن ادراكها بالحواس - لقد أدخل العلماء ابتداء من دالتن تصورات تتضمن وجوداً
حقيقياً لكيانات غير مدركة إدراكاً حسياً ، وتبين بعد ذلك وبعد أن أستوجبت دراسة
الظواهر والحوادث والوقائع المزيد من التصورات - فأطلق بناؤو النماذج العنان لخيالهم -
فعندما أراد العلماء الأحاطة بخواص الكهرباء وبعد أن أوضحت التجارب أن التركيب
الالكتروني للذرات واكتشاف الالكترونات الجسيم السالب والذي وجد في أشعة المهبط
- وأشعة بيتا وتسرب من المعادن الساخنة المعرضة لإشعاعات . كان تصور ج ج طومسون
للذرة كرة مليئة بالكهرباء الموجبة تطفو على سطحها الالكترونات السالبة وشبهها

L. Barnett, The Universe Dr Einstein. 1956 p.118

(١)

« بوران » مجموعة شمسية وتصورها « رذرفورد » نموذج كوكبي رغم أنه لم يستطيع تناول الخواص الطيفية - ولذلك تبعه نيلز بور بتصور أدخل فيه نظرية الكوانتم لإمكان تفسير الخواص الطيفية وانتقال الطاقة . ولم يكن كل ذلك عن طريق الاستنباط وادخال الصيغ الرياضية المتعلقة بتلك الكيانات المتناهية في الصغر والتي ردت مادة الكون الجسيمية كلها إلى موجات - وكان « نيلزبور » قد أدرك بوضوح المعنى الحقيقي لثنائية الأمواج والجسيمات - وفي رأيه أن وصف الظواهر الطبيعية بعد ظهور نظرية الكوانتم ليس بالضرورة أن يكون متسقاً لابس فيه كما كان ذلك في عهد النظريات الكلاسيكية ، فقد يكون ضروريا لوصف الحقائق التي يمكن مشاهدتها وأن تستخدم دورياً ، وحتى في آن واحد إثنتين أو أكثر من التصورات المتعارضة ظاهرياً بشرط ألا تقودنا هذه التصورات إلى متناقضات : هذا ما استخلصه نيلزبور من علاقات اللايقين لهيزنبرج .

إن التصور الموجي الذي يفسر طبيعة المادة عند هيزنبرج وأينشتين بفضل مبدأ اللايقين وعلاقات التركيب الرياضي للالكترونات كنسق من الموجات Systems of waves يفرض نفسه فقط عندما يتلأشى التصور الجسيمى الذى يفسر طبيعة المادة عند بلانك ونيلزبور حيث الذرات والأشعاع لهما طبيعة جسيمية من حيث الكتلة واتجاه الحركة والقصور الذاتي وغير ذلك - يعتقد « بوروشروودنجرودى بروي » أن تصور الأمواج والجسيمات كما لو كانا نتيجة لاحتياط من جانب الطبيعة بحيث لا يحدث أبداً أن يقفا وجها لوجه - يقول « بور » إنهما أوجه امتنامة للحقيقة ، مظاهر تبدو متعارضة لنا ولكنها فى الحقيقة متنامة مادام من الضرورى أن تأملها الواحد بعد الآخر للحصول على وصف كامل للحقائق المشاهدة . إن الضوء والمادة هذين الكيانين الأساسيين فى العالم الفيزيائى وإن كانا يبدوان متعارضين فيما بينهما فإنهما رغم ذلك مرتبطان أوثق لأن كليهما شكل من أشكال الطاقة ، وعلى ذلك فليس هناك من حيث المبدأ ما يتعارض مع فكرة أن الطاقة مع بقائها دائماً يمكن أن تنتقل من حالة المادة إلى حالة الضوء ، والعكس إن هذه الحقيقة تسقط الحاجز الذى بدأ كما لو كان فاصلاً بين المادة والضوء - ولكى يكمل تعداد خواص الضوء - نستطيع أن نضيف أن الضوء هو باختصار أنقى أشكال المادة وأكثرها صفاءً - والضوء يصدر دوماً عن المادة أو يمتص فيها ويعمل كحلقة اتصال بين كل الجسيمات المادية . والضوء هو الذى يندفع بأكثر سرعة عرفها الإنسان . كشفت لنا عن وجود سدم تفصلها مسافات شاسعة يقطعها الضوء فى مئات الملايين من السنين .

إن الضوء يشق طريقة فى الفضاء دون أى سند من كتلة أو شحنة إنه ليس سوى مطية للمجال الكهرومغناطيس فى أنقى أشكاله - أن الضوء يتسلله أخذ بيد الإنسان إلى المجهول البعيد من مجالات الفكر .

توصل أينشتين في نظرية النسبية إلى أن كل الموجودات بالكون يمكن ردها إلى « حوادث » لا توجد حادثة منفردة ، وإنما الحوادث في مجموعات تؤلف سلسلة مترابطة بعلاقات رياضية حيث لا تقبل الإدراك الحسى - أيده في ذلك أصحاب نظرية الكوانتم عندما طبقوا هذا التصور على عالم الكيانات الذرية - وتبين لهم أن أى جسم مادي ليس شيئا ثابتا يتصف بالسكون والديمومة وإنما يتألف من مجموعات من الحوادث المترابطة في حيز من المتصل رباعى الأبعاد الآن ، وفي حيز آخر في لحظة أخرى - ترابط واتصال هذه المجموعات من الحوادث أشبه ما يكون باتصال نقط تؤلف خطا كل نقطة تعبر عن حادثة - أو كاتصال النغم الصوقي .

بعد سرد هذه الخلاصة عن طبيعة المادة والطاقة قد أستطيع القول أن الانسان إذا أطلق خياله العنان يستطيع أن يتخيل أنه منذ بدء الزمان غداة مشيئة الرحمن نور السموات والأرض - تولد رويداً عن نوره الكون المادى الذى تبصره عيوننا اليوم بأن تكتف ذلك الضوء تدريجيا ليصبح مادة .

ومن يدري ربما في قادم الزمان عندما تنصرم الحياة الدنيا - فيستعيد الكون صفاءه الأول لخدوب المادة وتبتدد ثانية لتصبح في نهاية الأمر ضوءا ينتشر إشعاعا .

الفصل الثاني العلية والحتمية

- مقدمة عن العلية كمصادرة أولى
- العلية في العصر الحديث .
- علم الفيزياء المعاصر كمجال تطبيقي للتفسير العلي .

- اعتقاد علماء الكوانتم بالعلية .
- أينشتاين والعلية .
- هيزنبرج والعلية .
- العلية وتطور مفهومها عند رسل .
- خلاصة الرأي .

- الحتمية في العلم الطبيعي
- الفيزياء المعاصرة أوسع مجالا لتطبيق الحتمية باستخدام القوانين الاحصائية .

- ١ - ما يتعلق بتفسير النظرية الحركية للغازات .
- ٢ - ما يتعلق بمبدأ اللايقين لهيزنبرج .
- ٣ - ما يتعلق بالخاصية الثنائية للضوء .
- ٤ - فيما يتعلق بالفضاء الكوني .

- الحتمية بين التأييد والرفض .
- القوانين العلمية احتمالية .
- الحتمية المعتدلة .
- خلاصة الرأي .

الفصل الثاني العلية والحتمية

العلية والحتمية تصوران أساسيان عند الفلاسفة ومن المباحث الأساسية في دراسة ظواهر العالم الطبيعي وفي مجال مناهج البحث العلمي وفلسفة العلوم .

يعتقد أغلب الفلاسفة على اختلاف آرائهم أن العلية والحتمية - الأساس المتين لأساليب التفكير والاستدلال الفلسفي . ويرى بعض الفلاسفة أنهما مرتبطان بحيث يمكن إعتبارهما تصورا واحدا . وترى فئة أخرى وجوب التمييز بينهما رغم إدراك علاقة الارتباط بينهما .

أما العلماء فإنهم يعتقدون أن وظيفة العلم هي إمكانياته في اكتشاف الأسباب أو العلل المترابطة وأنهم في محاولات دائمة للبحث عنها كمصادرة أساسية في تطبيقات بحوثهم التجريبية - قد يجدونها وقد يتعجبون إلا أنهم على وجه العموم يرحبون ولا يرفضون التفسيرات العلية ، فهي عقيدة عند الكثير منهم كإعتقادهم بالموضوعية والاحتمال في البحث العلمي .

أغلب العلماء المعاصرين يرون أن الحتمية تتضمن في معناها الكثير من العلل أو أن الحتمية تحوى العلية ، ويرجع ذلك إلى إعتقادهم بحتمية حوادث العالم الطبيعي التي يحكمها قانون كوني صارم منتظم يتصف بالاطراد بحيث يسهل التنبؤ باستخدام الجداول الرياضية وحل المعادلات الرمزية .

سأبدأ بالعلية كمصادرة أولى - بادئا بنبذة تاريخية عند القدامى ، للعلية عند أغلبهم دور يغلب عليه الطابع الميتافيزيقي ، يختلف عن الدور الذي يعتقد فيه فلاسفة العلم من حيث كونها تساهم في التقدم العلمي وتطوره ، ولذا لا يخلو مذهب فيلسوف من إبداء رأيه في العلية باتخاذ موقف - قد يتمسك ويدافع عن هذا الموقف ، وقد يطور موقف أتخذه فلاسفة سابقون .

الفلاسفة القدامى كانوا يعنون بالعلية البحث عن العلل ، ومن هنا ضرورة ذكر التعريف التقليدي للعلية ، وهو يقول - بأن لكل حادثة علة تسبقها وتؤدي إليها - بحيث تظهر وتقوم علاقات علية في كل ما يحدث في العالم الطبيعي من حوادث في صورة ظواهر متكاملة أو وقائع جزئية .

نشأت فكرة العلية عند الفلاسفة منذ فجر التفكير الفلسفى بسبب ظاهرة التغير ...
كيف يكون الكون متغيرا وثابتا في آن واحد على النحو الذى تدركه الحواس ؟

إذن تصور العلية قديم قدم الخبرة والمعرفة الانسانية - فالانسان العادى يسلك ويفكر على هدى مبدأ العلية وأن لكل حادثة علة وأن لكل شئ سببا ، ومبحث العلية من المباحث المتضمنة في الفلسفة بصفة عامة ، وقد درج معظم الفلاسفة - على اختلاف مذاهبهم على تناول هذا البحث بدرجات متفاوتة من الاعتقاد خاصة في مجال مناهج البحث العلمى . يرجع مبدأ العلية إلى ظن بعض الفلاسفة أن ما يحدث في الطبيعة يمكن أن ينحل أو يتفكك إلى حوادث منفردة - تتجمع أزواجا أزواجا على صورة تكون عليها حوادث كل زوج متصلة بعلاقة العلة والمعلول ، أو أن الخبرة الفاعلية أساس فكرتنا عن العلية ولعلها أساس نظريات الفلاسفة عن العلية^(١) .

مفهوم العلية التقليدى هو الذى تداوله الفلاسفة منذ أرسطو وحتى ظهور نظريات علم الطبيعة النيوتونى ولعل تعريف العلية التقليدى : هو القول أن لكل حادثة علة تسبقها وتؤدى إليها بحيث تقوم علاقات علية في كل ما يحدث في العالم من ظواهر ووقائع وحوادث .

« هيراقليطس » أزال التناقض وقال لاثبات ولا دوام . وكل ما في الأمر تغير بلا متغير وحركة بلا متحرك كل ما هنالك حالات يعقب بعضها بعضا ، وما نظنه في الأشياء من دوام هو الوهم والخداع . وجاء « أفلاطون » برأى آخر إذ شطر العالم عالمين - فعالم منهم يكون للثبات وتواجهه أفكار مجردة والآخر يكون للتغير وهما عالمان متميزان لكن افترض أن الأول علة وجود الثانى .

أما « أرسطو » فكان أول من أهتم اهتماما خاصا بالعية وله نظرية فيها ، كان يعتقد أن هدف البحث العلمى اكتشاف القانون العلمى وهو البحث عن الروابط العلية بين الأشياء : لأنه كان يعتقد أن المعرفة الحققة إنما هي معرفة العلة^(٢) ، ميز أرسطو بين أنواع أربعة من العلة يسميها العلة المادية والصورية والفاعلية والغائية^(٣) . تعمل تلك العلة

(١) د. محمود فهمى زيدان الأستقراء والمنهج العلمى ص

(٢) نفس المرجع السابق ص ٧٨

(٣) العلة المادية لشئ هي المادة التى يتكون منها الشئ كالبرونز للعملة المعدنية والعلة الفاعلية هي القوة التى عملت على تغيير المادة لتتخذ شكلا جديدا كالصانع والعلة الصورية هي الصفات التى تجعل من الشئ ما هو كشكل عملة معينة والعلة الغائية هي المقصد الذى تتجه الحركة لبلوغه - هي العلة لذاتها - راجع يوسف كرم تاريخ الفلسفة اليونانية . ص ١٣٩

جميعا من أجل تفسير أى تغير يحدث ولا يمكن لعله بمفردها أن تكشف بوضوح عن سبب هذا التغير .

العلية في العصر الحديث :

يعتبر فرنسيس بيكون F. Bacon (١٥٦١ - ١٦٢٦) أول من حاول صياغة منهج البحث في العلوم التجريبية كما يعتبر من طليعة المتحمسين للمنهج الاستقرائي ، أبقى بيكون على العلة الصورية واستبعد العلة الأخرى لأرسطو حيث أنها علل متغيرة وغير ثابتة . كما أعتقد بيكون في وجود عدد محدود من الطبائع Natures تتألف الأشياء الجزئية من إجتماعها وتفرقها - أى أن عدد العلة محدود في العالم مما يسهل لنا القدرة على التنبؤ بما سوف يقع من أحداث .

وقد وضع بيكون الأساس المنهجي لمفهوم العلية التجريبية من خلال عرضه لأوهام الجنس Idols of the tribe حيث تلك الأوهام مما تعود الذهن البشرى البحث فيها عن العلة الغائية في العالم الطبيعي - ذلك لأن تصور علة لكل حادثة تصور قديم وطبيعة الاقناع في الإنسان لا تقبل علة لكل حادثة بل تود الانتقال في سلسلة العلة حتى الوصول إلى علة أولى هي مقصد كل الحوادث .

عندما حاول بيكون الكشف عن علة الحرارة فانه استبعد النظريات القديمة القائلة بأن الحرارة تأتي من مصدر خارج عن الأرض ، وأيضا القائلة بأن الحرارة تتوقف على وجود عنصر معين في الجسم الحار كالنار مثلا . حتى وصل إلى حل يتفق مع قوائم ملاحظاته . وصل إلى أن الحرارة كائنة في كل جسم متحرك ومن ثم قال أن الحركة (صورة) الحرارة . إذن الأساس المنهجي لمفهوم العلية التجريبية عند بيكون هو المفهوم الذي يقرن بين الظاهرة وبين سببها في الوجود والعدم والاختلاف^(١) .

لم يشك جاليليو (١٥٦٤ - ١٦٤٢) في تصور العلية وفي أن لكل حادثة علة ولكنه وجه الأذهان إلى قيمة إدخال التصورات الكمية Quantitative Concepts في مبدأ العلية وأنه لا قيمة لفهم العلية على أساس التصورات الكيفية Qualitative Concepts وحدها ، كان يعتقد جاليليو بمعنى آخر أن تقريرنا أن علة ب ليس كل ما ينبغي أن نصل إليه .

فينبغي كذلك أن نحدد تحديدا كميا تلك الملاحظات العلية . لا يكفي أن نقول سقط الحجر على الأرض وإنما يجب كذلك أن نحدد سرعة سقوطه وما العلاقة بين وزن الجسم

(١) يوسف كرم تاريخ الفلسفة الحديثة دار المعارف بمصر ١٩٤٩ ص ٤٣

الساقط والأرض التي يسقط عليها وما الزمن الذي يقطعه ذلك الجسم في السقوط . لذلك أصطدم جاليليو بنظريات أرسطو في علم الطبيعة وأبان خطأه في مجال العلية وبالأذات نظرية سقوط الأجسام وبعد أن لجأ إلى تجربته الشهيرة بإسقاط حجرين مختلفين وزنا من فوق برج بيزا Piza وأثبت أن سرعة الجسم الساقط تتناسب تناسباً طردياً مع الزمن الذي يقطعه ذلك الجسم في السقوط ، لم يفسر أرسطو العلاقة المحددة بين الثقل والسقوط وإنما قال : أن المكان الطبيعي للحجر الساقط هو الأرض حيث أنها بطبيعتها مستقر للأجسام المادية . في حين أن جاليليو أخضع فكرة العلية للملاحظات العلية بعيداً عن المظاهر الميتافيزيقية. جاء توماس هوبز : Thomas Hobbes (١٦٨٨ - ١٦٧٩) هـ فوجد أن الأساس الأول للمعرفة هو الحواس^(١) لا نرى لها عللاً ولا إطاراً فمن أين لنا بالربط بين حادثة هنا وحادثة هناك ، ثم من أين لنا أن نعمم حكم هذا الارتباط .

كان هوبز مفكراً ولم يكن في طبعه إلا أن ينظر نظرة نقدية فيما قاله السابقون فأفاد الإنسانية ببحثه في قوانين تداعى المعانى - وتفسير الذاكرة بأنها كالطريق الذى يطرقة بالأقدام الذاهبون والقادمون حتى يظهر بسمه خاصة بين بقية أرض الغابة من حوله ... فإذا وقع الحادث « أ » وتلاه الحادث « ب » مرة ثم مرة ثم ثالثة فرابعة ... فعاشرة - احتفر في الذاكرة طريقاً يدعوها أن تتذكر « ب » كلما رأت « أ » . العلية والإطار إذن تداعى في الأفكار . فلما جاء جون لوك J.Locke (١٦٣٢ - ١٧٠٤) رأى نفسه مضطراً ألا يعترف بمعرفة تكون قبل ولادة الإنسان ، وكل ما يمكن معرفته مكتسب بعد الميلاد وإذن ما يقال عن العلية أو الإطار لابد أن يكون مكتسباً من التجربة ومرد هذا الارتباط هو جوهر الشيء الذى يحوى أو يضم الصفات - فاللون الأصفر المستدير للبرتقالة يستتبع الطعم الحلو لها لأن جوهر البرتقال هو الذى يضم اللون والشكل والطعم والمذاق وسائر الصفات وعليه فمناط القانون العلمى إذن هو جوهر الأشياء^(٢) .

أعتقد نيوتن Newton (١٦٤٢ - ١٧٢٧) بمبدأ العلية وأنخذ هذا المبدأ مصادرة لا يشك فيها وأن العالم الطبيعى يسير وفقاً لهذا المبدأ ، وإن كان موقفه الحقيقى متأرجحاً

(١) نظرية المعرفة عند هوبز تستند إلى الاحساس أو الانطباعات الحسية - وهو يفسر جميع العمليات الذهنية تفسيراً ميكانيكياً وكل ما هو موجود في النفس مصدره الاحساس . كان تفسيره للأشياء الطبيعية لايم إلا بالاستدلال من المعلول إلى العلة ، وأنها لا ندرك في الواقع ظواهر الأشياء إلا عن طريق الحواس . وجسم الانسان يخضع للقوانين الآلية وبخاصة قانون القصور الذاتى .

راجع : د. نازلى اسماعيل - الفلسفة الحديثة رؤية جديدة - مكتبة الحرية الحديثة ١٩٧٩ ص ٢٠٦ - ٢٠٩

(٢) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة دار المعارف بمصر ١٩٤٩ ص ١٣٤ - ١٤٣ .

متريدا بين الاعتقاد بالعلية والانكار لها^(١) ، كان يعتقد بها كمبدأ راسخ وتراث تاريخي تنسق ومعتقدات الاسان العادى وتصور نيوتن نفسه لمعنى القانون العلمى وأنها تفسير للمظاهر ، يتمسبر عنده مقصور على التفسير العلمى فقط ومن جهة أخرى ارتبطت العلية فى ذهنه بالنظريات الميتافيزيقية التى تتضمن بعدها عن الاتجاه التجريبي وقد اعتقد نيوتن بمبدأ العلية فى الوقت الذى سادت فيه العلية كمبدأ كلى يسود عالم الظاهرات وأن القوانين فى طبيعتها قوانين عليه . أشار نيوتن إلى العلية من خلال قاعدتين يقول فى الأولى يجب ألا نسمح لعلل للأشياء الطبيعية أكثر من العلل التى تكون صادقة وكافية لتفسير ظواهر تلك الأشياء ويقول فى الثانية : يجب أن نعيد قدر المستطاع لنفس الآثار الطبيعية نفس العلل^(٢) وعلة الشئ عند نيوتن هى علة أحداثه .

أوضح فى عين جورج بركللى G. Berkeley (١٦٨٥ - ١٧٥٣) التناقض الواضح فى كلام لوك كرجل لا يؤمن إلا بالحواس مصدراً للمعرفة ثم يقيم المعرفة كلها على فكرة الجوهر وهو الذى لم يرى لأى شئ جوهرًا مستقل عن هذه الصفات . فما كان منه إلا أن تخلص من الجوهر واستبدل به فكرة الله - فاللون الأصفر والاستدارة والطعم الحلو لا تجتمع لأن جوهر البرتقاله يجمعها ، ولكن لأن مشيئة الله هى التى تجمعها ولو أرادت مشيئة الله أن توزعها لما أجمعت .

الارتباط العلمى إذن منوط بمشيئة الله والأقدار . مذهب باركللى يدور كله على المبدأ الذى وضعه ديكرت حين قال : ان الذهن لا يعرف الأشياء مباشرة - بل يعرفها بوساطة ما لديه عنها من معان وهو مذهب من ألوان الأفلاطونية المسيحية التى ظهرت فى فلسفة العصر الوسيط والتى تريد أن ترى فى الله الفاعل الأوحد^(٣) .

جاء دافيد هيوم (١٧١١ - ١٧٧٦) David Hume يطمع فى إقامة مذهب يضارع العلوم الطبيعية فى دقتها وأحكامها بفضل تطبيق نظريته فى القضايا العامة التجريبية . حين يذكر هيوم نظريته فى العلية لم يكن هدفه المباشر مناقشة أحد أسس الاستقراء ، وإنما يناقش تصور العلية كتصور ابستمولوجى ، يثبت أن الخبرة الإنسانية والتجربة مصدر ذلك التصور وأن ليس لتصور العلية صفة الكلية واليقين .

المصدر الوحيد للمعرفة الإنسانية عند هيوم هو جملة الأنطباعات الحسية Impression والأفكار Ideas . الانطباعات الحسية هى حصيلة مواجهتنا للعالم الخارجى عن طريق

(١) د محمود فهمى زبدان الاستقراء والمنهج العلمى ص ٨١

(٢) نفس المرجع السابق ص ٥٥

(٣) يوسف كرم تاريخ الفلسفة الحديثة دار المعارف ص ١٦١

الحواس والأفكار هي ما يستقر في عقولنا من تلك الانطباعات بعد غيبة ذلك المصدر الخارجى .

يعتبر هيوم العلية تصورا أساسيا في حياة الإنسان العادى حيث يعتقد الإنسان العادى أن لكل حادثة ولكل شىء علة ، وأن العلية مبدأ واجب التسليم به دون أى شك

جاء هيوم ليقوض مبدأ العلية عند الفلاسفة العقلين ، لم ينكر هيوم مبدأ العلية وإنما أنكر تفسير الفلاسفة العقلين لهذا المبدأ . ويرى هيوم أن العلوم الطبيعية قيمتها تابعة لقيمة العلية وهذه العلاقة هي التى تسمح لنا بالاستدلال بالمعلول الحاضر على العلة الماضية وبالعلة الحاضرة على المعلول المستقبل . وكل ما هنالك أن العلة شىء كثر بعده تكرار شىء آخر حتى أن حضور الأول يجعلنا دائما نفكر فى الثانى وعلى ذلك تعود علاقة العلية إلى علاقته التشابه والتقارن^(١) .

فهاتان العلاقتان هما الأصيلتان والنتيجة أنه لا توجد حقائق ضرورية ومبادئ بمعنى الكلمة وأن العلوم الطبيعية نسبية ترجع إلى تصديقات ذاتية يولدها تكرار التجربة. وبناء على ما سبق ذكره ، فإن هيوم لم ينكر مبدأ العلية ولم يشك أبداً في أن لكل حادثة علة ، ولكنه رفض نظريات الفلاسفة السابقين عليه في العلية - رفض أن العلية مبدأ فطرى أو تصور قبلى في العقل الإنسانى وأعلن أن مبدأ العلية مبدأ تجريبي يستمد قوته من الخبرة الإنسانية وطالما أنه مبدأ تجريبي فإن الشك فيه ممكن : لأنه يمكن تصور إنكاره دون وقوع في التناقض - ونقطة أخرى في نظرية هيوم في العلية هي البحث في مصدر اعتقادنا بمبدأ العلية وإرجاعها إلى ملاحظة التابع المتلازم المتكرر بين حادثة وأخرى في خبراتنا الحسية وبمعنى آخر إدراك التلازم بين حادثة وأخرى في وقوعها مما يوجب وجود علاقة عليية بين الحادثتين .

كان الفلاسفة قبل هيوم على إختلافهم يتصورون أن مبدأ العلية مبدأ فطرى أو مبدأ قبلى أو هو قاعدة للتفكير يقترب في مكانته من مكانة قوانين الفكر الثلاثة الأرسطية وأنه مستقل عن الخبرة وليس مشتقا منها . كما كان الفلاسفة العقليون يعتقدون بأن العلية مبدأ قائم في العقل وأنه مبدأ ضرورى وأنه لا يمكن إنكاره أو تصور نقيضه ، وأنه مبدأ فطرى النشأة ولدى الإنسان استعداد للاعتقاد به مستقلا عن الخبرة الحسية ولذلك يسمى مبدأ العلية بأنه قبلى Apriori. علاقة العلية عند هيوم إذن تقوم على أساس تجريبي محض وليس على أساس منطقي .

(١) د. محمود فهمى ريدان .. الاستقراء . ص ١٠٣ - ١٠٨

إن معرفة العلاقة العلية عند هيوم لا يمكن أن تستقى في أى لحظة عن طريق التفكير الأولى بل تستقى كلية من التجربة حينما نجد موضوعات جزئية معينة مرتبطة بطريقة ثابتة بعضها ببعض الآخر - فالضرورة التى نزعها فى علاقة العلة بمعلولها لا مصدر لها سوى العادة فهى عادة فينا وليس لها وجود فى الأشياء تلك العادة أو النزعة هى التى تنتقل بنا من فكرة إلى أخرى وهى التى تجعلنا ننسب إلى الموضوعات ما يجرى فى أنفسنا . أى يرجع ذلك إلى شعور سيكولوجى فينا - فنحن قد أعتدنا على تلازم حادثين - وعلى ذلك فإذا حدث ووقع أحدهما فإننا نتوقع أن يحدث الآخر - وبذلك يفسر هيوم العلية تفسيراً نفسياً يرجع إلى العادة والتوقع^(١) .

يقول هيوم أن تصور العلية معقد إذ يتضمن ثلاثة أفكار وهى السبق والجوار المكافئ والضرورة^(٢) - وفكرة الضرورة عنده تستلزم التحليل - كما أن لمبدأ العلية مصدره التجريبي - إن ما نراه فى الحقيقة هو أن شيئين أو حادثتين تتابعنا فى الحدوث أمام إدراكنا - يحدث لى انطباع حسي حين أرى الشمس فى الصباح ثم يتبعه انطباع رؤية الضوء . ما حدث إنما هو تتابع أو تلازم من انطباعين . وإذا انتقلنا إلى الذات - أليست العلاقة بين الإرادة والحركة علاقة عليه - لا ينكر هيوم هذه العلاقة العلية ولكنه ينكر أن تلك العلاقة تضمن معنى الضرورة بالمعنى التحليلي ، كل ما نعرفه عن تلك العلاقة هو ارتباط حادثتين معا .

وعلى ذلك فالأساس التجريبي هو مصدر تصور العلية بمعنى إدراك تتبع حادثتين وتلازمها تلازماً متكرراً مما يؤدي إلى تكوين العادة والتوقع - تصور العلية^(٣) إذن تصور ضرورى ولكن ليست الضرورة منطقية ولا قبلية وإنما هى ضرورة نفسية .

فى دراسة عما نويل كانط Kant (١٧٢٤ - ١٨٠٤) فقد اعتقد أن عالم الظواهر يخضع لمبدأ العلية وأن لكل حادثة علة وإن شئنا الدقة كل حادثة تفترض ابتداءً علة أعنى أنها لم تستمد من التجربة بل مصدرها الفهم الخالص كما أعتقد أن أى نظرية لا تتضمن مبدأ العلية نظرية باطلة .

ولذلك اعتبر العلية قانوناً من قوانين الطبيعة وأسماها بالقانون الكلى وقانون العلية يعبر عن قضية تركيبة قبلية وبالتالى فهى كأي فكرة أولية لا بد أن تكون ضرورة وصادقة

(١) د. محمد مهران : فى فلسفة العلوم ومناهج البحث ١٩٧٨ ص ٢٢٣

(٢) د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء ... ص ١٠٥

(٣) المرجع السابق ص ١٠٥ - ١٠٨

صدقا مطلقا كما يلي^(١) : تحدث كل التغيرات في عالم الظواهر طبقا لقانون العلاقة بين العلة والمعلول . والعلة طبيعة من خصائص العقل لا من طبائع الأشياء ، لا يستطيع العقل أن يفهم علاقة التجاور في الزمان والمكان وعلاقة التابع الضروري إلا في معنى العلية - أما أن نقول أن العلية خصيصة من خصائص الأشياء فهذا مالا علم لنا به . وهذا ما لا ينبغي أن نبحث فيه لأنه يعود بنا إلى محاولة معرفة الكون بدون معرفة وهذا تناقض في الألفاظ وفي المعاني لا يمكن أن يتصوره عقل انسان .

أما جون ستورانت مل J.S. Mill (١٨٠٦ - ١٨٧٣) فقد طلع علينا بمنهج استقرائي علمي يرتكن على مبدأى الاطراد والعلية ، ويفهم منه معنى العلية التي يسميها العلة الطبيعية Physical Cause أى تلك الحادثة التي تكون سببا لظهور حادثة أخرى وتسمى الثانية معلولا . والعلاقة العلية ليست دائما ظاهرة منفردة ، وأخرى ، وإنما يحدث أن الظاهرة التي نسميها أثرا ومعلولا قد تسبقها مجموعة من الشروط أو من الظواهر تؤدي إلى إحداث ذلك الأثر - فالعلة في موت رجل إنما هي مجموعة شروط حين تجتمع ، تتم الوفاة .

ولقد تعودنا أن نذكر العامل المباشر دون غيره في إحداث الظاهرة حيث بقية السلسلة العلية متضمنة في قولنا ، إن تصور مل يقول : الظاهرة إذا ارتبطت بظاهرة أخرى ارتباطا دائما بحيث تحدثان معا وتغييان وتزيدان معا وتنقصان معا - فأولاهما في الحدوث في الزمان سبب في أخراهما بشرط ألا يدخل في هذا التابع^(٢) ظواهر خرافية أو أسطورية ولا ظواهر تأملية ميتافيزيقة لأن التصور للعلم المرتكن على العلية مادي وأن المادة مستغنية بنفسها عن كل تفسير غير مادي . حتى السلوك الانساني لا يسمح في تفسيره بأى سبب غائى ويضع مل تعريفا متميزا للعلية هو (أنها جملة الشروط التي ينبغي أن تسبق حدوث المعلول) وتلك الشروط هي الشروط الكافية لاحداث الأثر أو المعلول ويقصد « مل » بالاطراد أن العلم به عددا من (العلل الدائمة) موجودة منذ بدء الخبرة الإنسانية ، وتلك العلل تعد سببا لما يحدث حولنا فلا تقع حادثة في الكون إلا وقد ارتبطت بحادثة أخرى^(٣) .

(١) د. محمود فهمى زيدان : كالط دار المعارف الطبعة الثانية ١٩٧٦ ص ١٨٦ - ١٨٩

(٢) أن نظام تتابع الظواهر Order of succession هو الحقيقة الأساسية عند « مل » للنظر إلى العالم الطبيعي ، لكي يعيد قانون هذا التابع ألا وهو القانون العل الكلى الشامل لكل ظواهر الطبيعية . راجع : د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء ص ٨٣

(٣) « تلك العلل الدائمة Permanent Causes هي الشمس والأرض والكواكب والهواء والماء والعناصر البسيطة ومركباتها ، لأنه يصعب معرفة مصدر تلك العلل أو تلك الحوادث » راجع : د. محمود فهمى زيدان الاستقراء والمنهج العلمى ص ١٣٧

كانت هناك بعض الفئات المتحمسة للعلية عند « مل » نرى أن التعليل الغائى لسلوك الإنسان تعليل سطحي - وأن ما يبدو لنا سلوكا عائيا كإرتداء المعطف اتقاء للبرودة والمطر المحتمل في الطريق هو في حقيقته سلوك عادى ناتج عن سبب سبقه في الوقوع زمانا . وكان من طبيعة يمكن قياسها بالمقاييس والأجهزة المادية كالميزان والمتر والترموتر وحوها من مقاييس المعامل التجريبية .

عاد الفلاسفة والعلماء يؤكدون معنى جديدا يضاف إلى هذه المعاني لأن مجرد التتابع والترابط في الحدوث والغيبة والزيادة والنقصان لا يكفي وربما وجد مثل هذا الترابط بغير علية ولا تعليل كما أكد ذلك بعض علماء الأحصاء Statistics مثل السير آرثر بولي Arthur Pouly وهو من أكبر رواد علم الأحصاء - كان يحلو له أن يحذر تلاميذه من الوقوع في مهاوى العلاقة المطردة بين ظواهر الطبيعة والأنسان وكان يطلعهم على ما عثر عليه من إفراد نسبي كامل بين الوارد من الموز في المملكة المتحدة وبين عقود الزواج على الرغم من أنه لا علاقة قطعا بين الموز وبين الزواج .

علم الفيزياء المعاصر كمجال تطبيقي للتفسير العلى :

مفهوم العلية المعاصر هو الذى صاحب ظهور الاكتشافات العلمية في الفيزياء المعاصرة - يعرف الأستاذ « يوسف كرم » العلية في لغة العلم الحديث بأنها الحادثة السابقة للظاهرة أسبقية لا تتخلف ولا تمتنع . ولما كان علم الفيزياء عبارة عن نظام موحد من المبادئ والمفاهيم Principles and Concepts التى يسمح عمقها واتساعها بدراسة التكوين الدقيق للعالم وبدراسة العالم ككل يتمثل ذلك في التركيب الالكتروني للذرات العناصر أصغر مكونات المادة والمضاهاه بتكوين المجموعة الشمسية أكبر الكيانات الكونية لذا بدأ العلماء ينظرون إلى القانون العلمى على أنه ليس من الضروري أن يكون متضمنا دائما علاقات عليه Causal relations وليس كل عالم باحثا عن اكتشاف العلل في العالم الطبيعي .

وأن العلاقة العلية غير متضمنة في مئات القوانين في كل علم وإن كان العلماء في الماضي والحاضر لا ينكرون مبدأ العلية ولكنهم ينكرون أن كل قانون علمى إنما هو تفسير على - فهناك كثير من القوانين العلمية تنطوى على علاقة علية - ولكنهم أى العلماء يقرون أيضا أن هنالك عددا كبيرا من القوانين العلمية لا ينطوى على تلك العلاقة بالرغم من أن تلك القوانين كانت تعميمات استقرائية^(١) .

(١) نفس المرجع السابق ص ١٣٨

استنتج من ذلك الموقع أن المنهج العلمى المعاصر استطاع أن يفصل تصور العلية عن البحث الاستقرائى فالعالم يمكنه أن يصل إلى تعميم تجريبي دون استناد إلى مبدأ العلية ، يمكن أن نبتعد قليلا عن الإتجاه النظرى والبحث فى معالجة مبدأ العلية وعلينا بالاتجاه إلى العلماء المعاصرين فى مجالات الفيزياء لتؤكد أن موقفهم أكثر تعقيداً . سأذكر حالتين :

أولاً : لنبدأ بالإشارة إلى قوانين التركيب النووى والنشاط الأشعاعى Radio Activity أستطاع رذرفورد Rutherford عام ١٩٠٣ أن يضع القانون الأساسى للتفتيت الأشعاعى وأن هناك من الذرات لبعض العناصر الإشعاعية تقذف ببعض مكوناتها^(١) بطريقة تلقائية أى أن نشاط بعض الذرات لعناصر معينة نشاطا لحادث Events لا نعرف عللها^(٢) . مما يحول دون تفسيرها دون إمكان التنبؤ . إننا فى الفيزياء الذرية أمام ظواهر جديدة تستلزم مناهج جديدة تتفق مع طبيعة هذه الظواهر ففى الظواهر التى تدرسها الفيزياء التقليدية لو أننا عرفنا موضع نقطة مادية معينة وسرعتها وعرفنا كذلك القوى الخارجية التى تؤثر فيها لأمكننا أن نتنبأ أو نتكهن بكل مسارها فى المستقبل أما فى الفيزياء الذرية يقول جيمس جينز : أننا لا نعرف متى يشب الإلكترون وأين تكون وثبته .

ولهذا كانت المفاهيم الإحصائية الإحتمالية تعبيراً سليماً وموضوعياً عن حركات الإلكترون ووثبته ، لا المفهوم العلى .

والقوانين الفيزيائية كلها عبارة عن نتائج يستخرجها العلماء من المشاهدات على سبيل الأحصاء لا على سبيل القطع واليقين . ونقيضها إن لم يكن مستحيلاً من الوجهة المنطقية الخالصة - هو مستحيل على أساس التجربة وما دلت عليه . ونقيض أى قانون علمى طبيعى ممكن عقلاً - وغاية ما فى الأمر أن هذا لا يحدث . هكذا أثبت التجارب أن الكيانات الذرية - الإلكترونات والبروتونات ونوى غاز الهليوم لا تخضع لقوانين الحركة

(١) J. Jeans; Physics and philosophy. First ed. 1942 Reprinted 1948 pp.127-176

(٢) تقذف العناصر الاشعاعية بثلاث أنواع من الاشعاع أولها اشعاعات جسيمية هى ألفا (α) موجبة التكهرب تؤلف نواة ذرة الهليوم وثانيها إشعاعات جسيمية هى بيتا (β) أو الإلكترونات سالبة التكهرب والأولى أكبر فى كتلتها من الثانية أما الثالثة فهى أشعة جاما (γ) وهى أشعة موجبة طول موجتها أقصر من طول موجة الضوء العادى ولها قدرة كبيرة على اختراق ألواح المعادن وهى قاتلة للكائنات الحية .

راجع : د. اسماعيل بسيوى هزاع : « قصة الذرة » المكتبة الثقافية العدد «٢٢» ١٩٦٠ - ص ٢٣

التي تعلمناها من الميكانيكا النيوتونية وليست حركة الالكترونات متصلة وإنما شبيهة بقفزات الكنجاو ولا توجد قوانين عليه تخضع لها تلك القفزات .

ثانيا : أيضا منطوق القانون الثاني من قوانين علم الديناميكا الحرارية^(١) مؤداه : أن الحرارة تنتقل من الجسم الأكثر حرارة إلى الجسم الأقل حرارة . وأنه إذا لم يكتسب مصدر الحرارة حرارة جديدة من جسم آخر أكثر منه حرارة فإن درجة حرارة ذلك المصدر تتناقص تدريجيا مع ملاحظة أن انتقال الحرارة يكون دائما في اتجاه واحد . وهو اتجاه يسير من الأكثر حرارة إلى الأقل حرارة وليس العكس. في هذه الظاهرة العلاقة العلية أيضا غير متضمنة وغيرها مئات من القوانين في كل علم لم تكن العلية أساس الوصول إلى تلك القوانين . كما أن تلك القوانين^(٢) لا تتضمنها .

وليست القوانين العلمية كلها من طراز البدييات العلمية (البرودة علة تكشف بخار الماء) و(الحركة علتها الطاقة أو الحرارة) و(جرعة السم التي شربها سقراط علة موته) و(تيار الهواء علة مرضك) (الحرارة علة تمدد الأجسام) ونحو ذلك .

يقول البعض من العلماء من الممكن أن تسير الطبيعة دائما وفقا للعية وأنه لا شيء

(١) القانون الأول هو القائل بأن الطاقة لا تزيد ولا تنقص ، بل تحتفظ بمقدارها ، فقد تحول من نوع إلى نوع ، فأنت تحول مثلا من حرارة إلى حركة - لكن المقدار يظل كما هو . وبناء على قانون حفظ « بقاء » الطاقة - يجوز أن نضع قطعة من الحديد الساخن على قطعة أخرى من الحديد الأقل حرارة ، فتمتص القطعة الأولى بعض حرارة الثانية بحيث تزيد حرارة الأولى وتقل الثانية - ومع ذلك يظل مدار الحرارة في القطعتين كما كان في البداية راجع : د. ركي نجيب محمود : نحو فلسفة علمية الأنجلو المصرية ١٩٦١ ص ٣٠٦

(٢) القانون العلمي في العلوم الطبيعية : هو عبارة عن مبدأ عام يؤكد علاقة بين ظاهرتين أو أكثر ، أما العلة فهي ما يتوقف عليه الشيء ويكون خارجا عنه ومؤثرا فيه . ولذلك أخرج الفلاسفة الوضعيون فكرة العلية عن معنى القانون وأقتصر على القول بأن القانون ما هو إلا نسبة رياضية بين متغيرين أو عدة متغيرات . وعندهم أنه كلما تكامل العلم قل استخدام لمفهوم العلية ، حتى إذا توصل إلى تعريف الحوادث بمقاديرها القابلة للقياس الكمي فإنه يستبدل معنى العلية ، حتى إذا توصل إلى تعريف الحوادث بمقاديرها القابلة للقياس الكمي فإنه يستبدل معنى العلية بمعنى الدالة Function لكون معنى الدالة أكثر تعبيرا عن علاقات العناصر بعضها ببعض وهكذا الحال في قوانين الطبيعة كلها - فهي نتائج كمية نستخرجها من المشاهدات على سبيل الاحصاء لا على سبيل القطع واليقين ، ونقيضها إن لم يكن مستحيلا من الوجهة المنطقية الخالصة فهو مستحيل على أساس التجربة ومادلت عليه

راجع . Schlick, Moritz, Causality in everyday life and in science
California Univ. p.296

يحدث اتفاقاً أو دون علة سابقة . على أن الصحة المطلقة لمبدأ العلية قد قضى عليها من وجهة النظر العلمية لأن العلم بلغ نقطة لا يمكن فيها اختبار هذا المفهوم وكل فكرة لا يمكن اختبارها لابد أن تستبعد من مجال العلم ويمكن تحويلها إلى مسألة فلسفية خالصة . وليس معنى ذلك التخلي عن فكرة العلية بأكملها فما زالت لهذه الفكرة فائدتها وما زالت تقوم بدور هام في الملاحظات والفروض والتجارب والاستنتاجات التي يقوم بها العلماء في معظم فروع العلم .

بلانك والعية :

يقول « ماكس بلانك » عن مبدأ العلية أنه تعليمات إرشادية أو علامات على الطريق تساعدنا على إيجاد طريقنا وسط المتاهة المحيرة للحوادث ويرشدنا إلى الاتجاه الصحيح الذي ينبغي أن يتقدم فيه البحث لكي يحقق نتائج مثمرة وفي نفس المعنى يقول بلانك : لا يمكن البرهان على قانون العلية كما لا يمكن انكاره على أسس منطقية - ليس مبدأ منطقياً كما أنه ليس كاذباً مطلقاً . إنه مبدأ موجه بل أكثر المبادئ الموجهة أهمية^(١) . ويقول أيضاً يجب أن نأخذ بقانون العلية كمجرد فرض - ليس فرضاً كسائر الفروض العلمية وإما مصادرة ضرورية كأساس لكل الفروض العلية يجب التسليم بها منذ البدء^(٢) ويقول : سوف تجد نظرية الكوانتم تعبيرها الدقيق في بعض المعادلات التي ستكون صياغتها أكثر دقة لقانون العلية . وعليه فإن بلانك الباحث العالم يعتقد في قانون العلية كمصادرة ضرورية موجهة للعلماء فيما يبحثون .

يقف بعض العلماء المعاصرين من العلية بمعنى آخر موقف من يرفض الاعتقاد بها اعتقاداً قديماً ومن يقبله إذا كان أساسه التجارب وبذا فصلوا بين العلية والمنهج العلمي .

إعتقاد علماء الكوانتم بالعية :

العية إعتقاد راسخ عندهم - ينبغي ألا تظل مجرد إعتقاد - بل لابد من التطبيق - وإن كان التطبيق غير ممكن. رغم ذلك نجد « بلانك » لا يزال يعتقد بأن ظواهر الكوانتم يمكن أن تتضمن قانون العلية لو أعدنا صياغة النظرية لأنها سوف تجد تعبيرها الدقيق في بعض المعادلات لو تضمنت قانون العلية .

فعلماء الكوانتم يميلون إلى دمج تصوري العلية والخنمية في تصور واحد باعتبار أن

Max. Plank, Philosophy of science. p.76

(١)

Max. Plank, Where is science going p.150

(٢)

الحتمية قد تكشف لنا عن علاقات عليه . كذلك نجد أن « برودجمان » Bridgman وهو أحد فلاسفة العلم المعاصرين يقول أن الحوادث داخل الذرة لا تخضع لمبدأ العلية لأن بعض الحوادث تحدث صدفة - لكن لا يزال يوجد فيها نوع من النظام والإطار إذ مكونات الذرة تؤلف نموذجاً منتظماً ولا يتم ذلك إلا إذا كان هنالك مبدأً يجمع تلك الحوادث (١) .

يقول علماء الكوانتم أن هناك علاقات عليّة بين مجالين أو نسقين من الحوادث وليس بين حادثتين جزئيتين. يفسر « بورن » من أنصار الكوانتم هذا التطبيق للعلية في ظواهر الذرة بأن مجموعة من الإلكترونات يمكن تفسيرها بمجموعة أخرى من الجزيئات كما يفسر « بورن » النظرية الجاذبية عند « أينشتاين » بأنها تقوم على عليّة ، فالجانب الهندسي من سلوك الأجسام في المجال الجاذبي للنظرية النسبية العامة يدعم المبدأ العليّ لأن المجال الجاذبي يؤكد مبدأ التجاور Contiguity في « زمكان » منحني أي أن المجال الجاذبي على سطح منحني ، علة الحركة الجاذبية في الأجسام . يقصد « بورن » أن المجال الجاذبي علة حركة الأجسام . ويقول « ماكس بورن » مهما استبعدت الفيزياء الحديثة أو طورت كثيراً من الأفكار التقليدية لكنها سوف لا تكون علماً لو نبذت البحث عن علل الظواهر (٢) . أمكن اكتشاف مجالات دلت على وجود العلاقات العلية في مجال الذرة خاصة بين مجالين أو نسقين من الحوادث ، فإن ما يحدث لنسق من الإلكترونات لمركبات تتفاعل كيميائياً - يمكن تفسيره بواقعة تحدث لنسق آخر من الإلكترونات المتبادلة في التفاعل - وإذن فالعلاقة العلية قد تم بين مجالين أو نسقين أو مجموعتين من الحوادث - وإن لم يستطع العلماء إيجاد تلك العلاقة العلية بين شيئين جزئيين (٣) .

هناك نتيجة علمية هامة استنبطت من خلال نظرية الكوانتم وهي أن الفاصل بين الإنسان والحقيقة اتسعت فجوته وذلك بعد أن أتضح عجز حواس الإنسان - لأنه عندما يحاول أن يلاحظ حقيقة أي جسم في هذا الكون فإن عملية الملاحظة تسبب إزاحة هذا الشيء وتغير طبيعته وإذا استبعد الإنسان ملاحظة هذا الشيء بمحوسه فإنه لا يبقى لديه إلا المعادلات الرياضية .

يؤكد العلماء أن المعادلات الكمية تعرف الظواهر الأساسية أكثر دقة من الوصف (وقد نجمت تلك المعادلات النظرية في المجال التطبيقي كاختراع القنوات الذرية والنووية)

(١) Bridgman, Determinism in modern science p.65

(٢) Max Born, Natural philosophy of cause and chance. p.124

(٣) نفس المرجع السابق ص ١٢٣

والهدف الذى يرمى إليه علماء الفيزياء هو إعلان قوانين الطبيعة فى صورة رياضية حيث أمكن فى لغة الرياضة المجردة وصف كيف تعمل الأشياء ولو أنهم لا يعرفون ولا يحتاجون أن يعرفوا حقيقة هذه الأشياء .

أينشتين والعالية :

أبدى أينشتين أمله أكثر من مرة فى أن تؤدى الطبيعة الكمية إلى نفع مؤقت يقول أينشتين : إننا فى البحث العلمى نبدأ ببضع عقائد أساسية يذكر منها الاعتقاد بالعالية والموضوعية وفكرة الاحتمالات والانسجام الكونى الذى يظهر فى بساطة وجمال القوانين الطبيعية . (من خطاب أرسله إلى ماكس بورن) لا يكتفى العلماء بتقرير أن مبدأ العالية مبدأ قبل ولكنهم يحاولون تطبيقه تطبيقاً تجريبياً لكنهم لا يتعسفون فى التطبيق إن وجدوا علاقات عليه فى ملاحظات سجلوها ، وإذا لم يجد فإنهم يرفضون التفسير العلى . لاحظوا أول الأمر أنه لا علاقات عليه فى عالم الذرة - فالقوانين العلمية ليست دائماً قوانين عالية وإنما كثير منها قوانين احتمالية - والاحتمال هنا قائم على الأحصاء أو قائم على النظرية الرياضية للاحتتمالات . وهذه النظرية تتضمن فكرة الصدفة - والصدفة هنا تقابل فكرة العالية والصدفة هنا ليس بمعنى شئ حدث لا نعرف علته ، وإنما تقديراً كمياً رياضياً محدداً لوقوع الحوادث وبهذا تصبح الصدفة لا مجرد عبث وإنما تقترب من التعبير الرياضى المحسوب . وتساعدنا قوانين الاحتمالات بهذا المعنى على التفسير والتنبؤ - هذا الموقف لتصور القانون الاحتمالى . لم يبدأ عند الكوانتم فقط وإنما نجده فى نظرية مكسويل فى النظرية الحركية للغازات وفى قانون بويل وقوانين بلانك فى أنبعاث الطاقة وفى كل التفاعلات الكيميائية^(١) .

هيزنبرج والعالية :

أسفرت الدراسات الفيزيائية المتقدمة فى مجالات الأبحاث الخاصة بالموجات والطاقة والجسيمات Energy Waves, Particles عن نتيجة تدعو إلى الحيرة الشديدة تعرف باسم مبدأ اللاتيقين Principle of Uncertainty سبق ذكره فى الفصل الثانى بعد سرد نظرية الكوانتم . هذا المبدأ يلقي ظلاً من الشك على مفهوم العلة والمعلول فإذا كان العلم ضرباً من المعرفة قائماً على أسس منها افتراض أن العالية خاصية ضرورية للكون - كان ولا بد من تحديد الطريقة التى يؤثر بها هذا اليقين فى تفكيرنا عن سلاسل الحوادث Chain of events المرتبطة عليا .

(١) د. محمود فهمى ريدان : علم الطبيعة المعاصر ١٩٨٣ .

إن ما يقوله المبدأ بالفعل هو أننا لا نستطيع أن نلاحظ ونقيس مجرى الحوادث الطبيعية دون أن نبعث فيه اختلالاً ما - أى تتسبب في حدوث قدر قليل من اللاتيقين بشأن ما يحدث في الطبيعة هذا الاختلال - لأهمية له على المستوى الواسع النطاق أما على مستوى الجسيمات الذرية والنوية فإنه يبدو ذا أهمية كبرى وإذا كان في استطاعة العلم عن طريق المزيد من الدقة في أجهزة القياس أن تقلل من اللاتيقين فإنه لا يمكن تجنب القليل جداً . قد يمكن تقدير موقع الرصاصة المنطلقة إلى هدف وسرعتها بدرجة لا بأس بها من الدقة واحتساب المسار الكامل الذى اتبعته منذ لحظة خروجها حتى وصولها للهدف باستخدام الآلات تصوير دقيقة وأجهزة قياس زمنية على نفس المستوى .

إلا أن الإلكترونات تختلف ، فلو شئنا تحديد سرعة الإلكترون ووضعها المكافئ بنفس الطريقة لا يمكن إلا إذا اصطدم بجسم آخر - وقد أستخدمت الجسيمات الضوئية Photons غير أن الفوتون وهو وحدة الضوء جسيم أكبر نسبياً من أن يصطدم بالإلكترون لأن الأخير سينحرف عن مساره الأصلي إلى اتجاه غير معلوم مما يعطيه سرعة جديدة .

وإذا فالأصطدام بجسيمة ضوئية ، قد يحدد موقع الكترون في لحظة واحدة فحسب ، غير أنه لا يعطى معلومات عن سرعة الإلكترون - ونظراً إلى أنه لا يوجد سبيل إلى قياس السرعة والموقع في نفس الإلكترون بدون أن نحدث تغييراً في واحد منها - فإنه لا يمكن التنبؤ بموقع الإلكترون أو سرعته في أى وقت في المستقبل إذن فهناك قدر دائم من اللاتيقين تنطوى عليه أى محاولة لتتبع مجرى الحوادث للظواهر الميكروفيزيائية Microphysics . فيما لدينا من أفكار عن العلية - توصف سلسلة من الحوادث بأنها سلسلة من العلال والمعلولات مما يستلزم أن يكون في استطاعة التجريبيين ملاحظة هذه السلسلة من الحوادث على الدوام ، من البداية إلى النهاية . في حالة إلكترون فإن الملاحظة المستمرة مستحيلة لأن مسلكه يتغير بفعل نفس الوسائل التى يتعين على المشتغلين بالعلم إستخدامها للملاحظة .

فإذا اكتشف جسيم في النقطة (أ) في لحظة ما وفى النقطة (ب) في اللحظة التالية فلا توجد وسيلة المعرفة التى تؤكد ملاحظة جسيم واحد أو اثنين - بل من الأفضل عدم التعرض لمسألة الاستمرار في الملاحظة أصلاً وإنما سيكتفى بالنظر إلى كل جسيم يلاحظ على أنه حادث منفصل منعزل .

هكذا يصل « هيزنبرج » إلى أن مبدأ اللاتيقين وإن كان يهدد الحتمية المطلقة لكن الظواهر الذرية والتفتت الإشعاع لم تجعل العلماء يستبعدون العلية . ويعلن أنه إذا تحدثنا

عن إستبعاد العلية لآبد من تعريف دقيق لتصور العلية وتصور القانون الطبيعي^(١) حيث يجب رفض المعنى التقليدى للعية وهو أن حادثة ما جزئية علة لحادثة أخرى - هذا المعنى عنده مرفوض لأنه لا شواهد على وجوده فى حوادث الذرة

ويقول « هيزنبرج » من الجائز أن يكون هناك خلف العلاقات التى تصوغها ميكانيكا الكوانتم فى شكل إحصاء نظام آخر من القوانين الطبيعية الحتمية التى لم تعرف حتى الآن .

إن انهيار مبدأ العلية عند تطبيقه على الوحدات النووية « للمادة - الطاقة » قد يفيد فى الكشف عن إمكان وجود سبل أخرى للفهم وعوامل أخرى لا تخطر بالبال فى حدود العلم .

العية وتطور مفهومها عند رسل :

كتب « رسل » لأول مرة فى علم الطبيعة عام ١٨٩٧ تعليقا على كتاب « كانط » الأسس الميتافيزيقية لعلم الطبيعة ، رأيا عن المادة يعبر بوضوح عن اعتقاده التقليدى لطبيعة المادة : ليست المادة الشئ القابل للحركة فقط لكنها ما يحرك أيضا^(٢) ، أى أن علة حركة المادة هى المادة فبين أى قطعتين ماديتين علاقة علية متبادلة ، هذه العلاقة هى القوة ، أى أن العلية قوة . وفى عام ١٩٠٣ ألف « رسل » كتاب أصول الرياضيات - عرف فيه العلية بأنها المبدأ الذى بمقتضاه يمكن استنتاج حادثة أو أكثر فى لحظة جديدة أو أكثر من عدد كاف من الحوادث^(٣) - عند عدد كاف من اللحظات. بهذا التعريف يحاول رسل إقامة علاقة بين مفهوم العلية وقوانين الحركة الديناميكية على أساس : أن علاقة العلية فى حوادث الكون تقوم بين حوادث فى ثلاثة أزمان - لآبد من معرفتنا لإنين لإمكان تحديد علاقة العلية بمعرفة الثالث^(٤) .

وفى عام ١٩١٢ فى كتابة مشكلات الفلسفة يقول عن العلية : إن قوانين العلم العامة كالاقتقاد بحكم القانون والاعتقاد بأن كل حادثة لآبد أن يكون لها علة ما ، تعتمد كل الاعتماد على مبدأ الإستقرار وكذلك الإطراد لا يعمل ولا يكون إلا فى نطاق مبدأ الإستقرار^(٥) .

Heisenberg, The physicists Conception of Nature. p.32 (١)

B. Russell, My Philosophical Development p.47 (٢)

(٣) برتراند رسل : أصول الرياضيات ترجمة عربية بقلم محمد مرسى أحمد ، أحمد فؤاد الأهوانى دار المعارف ١٩٦٤ ص ١٦٣ الجزء الرابع .

Gotlind, E; Russell, S theories of causation, upsala 1952 p.13 (٤)

B. Russell, Problems of philosophy p.38 (٥)

وفي نفس العام ١٩١٢ قدم « رسل » مقالة بعنوان في فكرة العلية : On the notion of cause بشرها في كتاب التصوف والمنطق عام ١٩١٨ وفيها ربط « رسل » مشكلات الاستقراء بمسألة القوانين العلية متحمسا لوجهة النظر العلمية للعللة كما تبدو في التابع المطرد للحوادث . وفي عام ١٩١٤ كتب رسل الفصل الأخير من كتابه « معرفتنا بالعالم الخارجي » وعنوانه في فكرة العلية ناقش فيه نقاط خمس هي :

١ - المقصود بالقانون العلي :

يقصد « رسل » بالقانون العلي - أنه هو تلك القضية العامة التي تمكنا من الاستدلال على وجود شيء حادث من وجود شيء أو عدة أشياء أخرى وتشير كلمة شيء Thing في هذا التعريف إلى كل ما هو جزئي يتميز بواقعية موضوعات الحس ، وليس أمراً مجرداً مثل الأعداد والفئات . وليس من الضروري بالنسبة للقانون العلي أن تأتي النتيجة متأخرة عن بعض المعطيات ، فحين الممكن أن تحدث معها في وقت واحد أو تأتي سابقة عليها كما هو الحال عند حدوث الرعد - نرى الضوء ونتوقع سماع الصوت الرعدي أو قد يأتيان متعاصرين . كما أن هناك شيء هام ، يجعلنا قادرين على استدلال وجود شيء ما نستطيع أن نصفه بدقة في ألفاظ المعطيات ذاتها^(١) .

٢ - الدليل أو الأسس التي تقود إلى الاعتقاد بالقوانين العلية :

إن الخطوة الأولى نحو ذلك كما يقرر « رسل » : هي الكشف عن الأطراد في وقوع الحوادث إما بالتصاحب أو بالتعاقب كما يحدث الرعد بعد البرق والدفء بعد الإقتراب من النار فيتوقع الإنسان نفس الحوادث العلية على نفس الوتيرة ويسمى « رسل » هذا الاطراد الاعتقاد الحيواني بالعلية .

ويشير « رسل » بذلك إلى قانون ما لا يعد صادقا إلا إذا انطبق على جميع أمثله ووقائعه وإلا تصبح حاجتنا إلى قانون جديد أعم وأشمل . فقانون الجاذبية ومنطوقه : إن كل جسم يجذب كل جسم آخر بقوة تتناسب طرديا مع كتلتهما وتتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما . يصدق في كل الأزمنة عدا نطاق المجموعة الشمسية حيث تحكمها قوانين أعم وأشمل وبالتالي فهناك احتمال بصدقة مستقبلا .

٣ - الاعتقاد ببقاء القوانين العلية مستقبلا :

إذا لم نسلم بمبدأ الاستقراء فإنه لن تقوم علاقة عليية بين الأمثلة المشاهدة المؤيدة لصدق

B. Russell, Our Knowledge of external world. p.215

(١)

القوانين العلية - أى أنه يستحيل الاستدلال على وجود شيء لا نشاهده بطريقة مباشر
فأهمية الاستقراء تفوق أهمية القانون العلى - لأن الاستقراء هو الذى يقف وراء القانون
العى ويضمن صحته ودوام تطبيقه مستقبلا .

٤ - اختلاف مفهوم العلية المستخدم فى العلوم الطبيعية عنه فى الإدراك العام والفلسفة
التقليدية .

٥ - تحليل فكرة العلية وارتباطها بالإرادة .

فى عام ١٩٢١ كتب « رسل » مؤلفه تحليل العقل وفيه تحدث عن أربعة أنواع من
القوانين العلية هى :

- ١ - القوانين العلية العلمية التى تتعلق بعلمى الديناميكا والفيزياء .
- ٢ - القوانين العلية العلمية التكهنية : وتتميز بأنه يوجد تكرار فى التابع بين السابق
واللاحق فإن العلاقة التى تربطهما لا تتصف بالضرورة .
- ٣ - قوانين المنظور Perspective وهى قوانين تجميع المعطيات الحسية المتفرقة والمعطيات
الحسية الممكنة فى شيء واحد وفى لحظة محددة^(١) .
- ٤ - قوانين الذاكرة Mnemic Causal Laws وهى قوانين عليه عقلية لعلم النفس على
نفس نمط القوانين العلية العلمية .

وكان من أهم ما ذكره « رسل » فى كتابه تحليل العقل تحوله عن الإعتقاد بالعلية التى
ذكرها فى كتابه معرفتنا بالعالم الخارجى . يقول برتراند رسل : إن البرهان على أن العالم
يخضع للعلية خضوعا مطلقا غير ممكن من الناحية النظرية ويقدم شاهدين على ذلك :
أولا : أن العلاقة العلية تتضمن تنابعا بين العلة والمعلول ، ومن ثم تم فى زمن معين وحيث
أنه من الممكن أن يحدث شيء ما بين وقوع العلة ووقوع المعلول ، مما قد يعرقل حدوث
المعلول . إذن القضية أجبب أن تتبعها ب دائما قضية كاذبة وإذن ليس قانون العلية قانونا
كلياً . ثانيا : ليس من السهل أن نقول أن حادثة ما هى العلة أو مجموعة من الحوادث هى
علة ظاهرة ما بكل يقين وتأكيده لأن ذلك يستلزم منا أن نجرب ملاحظاتنا على الكون كله
كى نتأكد من أن ما لم نلاحظه من قبل قد يكون عائقا لحدوث المعلول المتوقع . وهذا ما
حدث فى كل البحوث المعاصرة .

مفهوم العلية عند « رسل » في كتابيه المعرفة الأنسانية (١٩٤٨) وتطورى الفلسفى (١٩٥٩)

يؤكد « رسل » على أن تصور العلية بمفهومه التقليدى (') علة (ب) دائما ، يعد تصورا بدائيا وغير علمى ، وقد حل محله فى العلم تصور القوانين العلية^(١) ومن الأمثلة التى يذكرها (رسل) إذا افترضنا أن لدينا تعميما يقوم على الإدراك العام بأن أ علة ب فإنه إذا وجدت مسافة زمنية محدودة بين أ ، ب فمس المحتمل حدوث شيء ما خلال هذا الزمن يمنع أو يعوق حدوث ب ، فقد يشتعل عود الثقاب عند حكه ، وقد ينكسر ، إن القوانين التى تأخذ الصيغة أ علة ب قوانين قابلة للاستثناء طالما أنه يوجد ما يعوق وقوع النتيجة فى بعض الأحوال . بالإضافة إلى ذلك ربط « رسل » بين القانون العلى والمفهوم الإحصائى^(٢) وحيث لا تظهر هناك علاقة علية فى بعض الظواهر مثل ظواهر النشاط الإشعاعى والتفتت النوى التى تعتمد على العلاقة التقليدية للعية ، ومن ثم يقترح « رسل » أن يكون القانون العلى هو ذلك القانون الذى يجعل من الممكن أن يستدل شيئا ما عن حقيقة أو مجموعة حوادث من عدد معطى معين من الحوادث ذلك لأن القوانين العلية أصبحت قوانين إحصائية - فهى لا تعين ما سوف يقع فى أى حالة جزئية بل تقرر وقوع أشياء عديدة - كل منها سوف يحدث بنسبة معينة من الحالات .

ورغم أن عملية التعليل Causation لم تعد كما كانت إلا أن أهميتها فى العلم مازالت حيث أن القوانين التى يسعى إليها العلم هى فى غالب الأمر قوانين عليه ، بمعنى أو بآخر ، ولكى نتصور وجود الأشياء لأبد من تصور دوامها - وهذا الدوام لن يعم إلا إذا كانت أجزاء الشيء مترابطة متصلة ، وعلة اتصالها ودوامها ، يطلق عليه « رسل » الخط العلى Causal Line وذلك أحد التصورات الهامة فى فلسفة رسل العلمية

ويرتبط بتصوير الخط العلى عند « رسل » تصور البناء وهو بناء رمكائى يظل ثابتا طيلة سلسلة من الحوادث المتصلة بعضها ببعض الآخر إتصالا عاليا فى بعض الظواهر الفيزيائية ، مثل التغيرات التى تحدث بين الصوت والموجات الكهرومغناطيسية ثم استقبال الصوت مرة أخرى فى عمليات الإرسال (الراديو) .

هاتان الفترتان (الخط العلى - البناء) ترتبطان بدور القانون العلى بمعناه المعاصر كما يفهمه « رسل » حين يثبت التابع العلى عند حدوثه بلا تخلف أو عندما ما يحدث فى الغالب لكنه لا يثبت أن كل حادث هو بالضرورة عضو فى تابع على غير قابل

للتخلف^(١) .

لاحظ « رسل » أن علم الفيزياء لم يعد يتحدث بهذا الوضوح اليقيني المشهور عنه في القرن السابع عشر فبينما كان نيوتن يستعين في عرض آرائه واكتشافاته بتصورات أساسية أربعة هي المكان والزمان والمادة والقوة - نجد أنها قد أهملت من العلماء المعاصرين . كأن الزمان والمكان شيئين منفصلين ثابتين فحل محلهما متصل الزمان والمكان Space - time Continuum وحلت سلسلة من حوادث Chain of events محل المادة الصلبة وحلت الطاقة Energy محل القوة Force .

كما أن نظرية الكوانتم تصور لنا العالم الطبيعي كما لو كان مكوناً من خيوط تتكون بدورها من حوادث يرتبط بعضها ببعض الآخر - وهذا الرباط يجعلنا نقول بقيام علاقات عليية ، بينا أمدتنا نظرية النسبية بأسباب تدعو إلى الاعتقاد بأن العلاقات العلية تنطبق فقط على الحوادث المترابطة معا في متصل (الزمان - المكان) فبعد أن كانت العلية تقوم بين زوج من الحوادث المتأينة Co-Punctual على أن يربط بينهما قانون يميز لنا استدلال شيء ما عن أحدهما من الآخر ، في حين تقول نظرية الكوانتم أن العلاقات العلية تتكون من سلسلة من الائتلافات Rhythms أو الحوادث المنتظمة الانتشار بواسطة تغيرات كم الأشعاع . هكذا أخذت العلية شكلاً جديداً أهم سماته أنه يخلو من فكرة الضرورة أو الإلزام .

فالإلزام صفة بشرية بينما يخلو العالم الفيزيائي وحوادثه من الرغبات . أما بالنسبة للأشياء الطبيعية التي تتكون من مجموعة معينة من الحوادث - قد يكون بعضها علة والبعض الآخر معلولاً ، فلن نستطيع أن نقرر نوعاً من الارتباط بينهما إلا كلما صغرت الفترة الزمنية بينهما ، وكلما قصرت الفترة الكافية إلى أقل قدر ممكن - فإذا ما تحقق ذلك يتكون من ذلك الارتباط قانون على .

أما عن صحة مبدأ العلية وإمكان التنبؤ بكل الظواهر اعتماداً على ما لدينا من معطيات عن العالم فقد بدأ « رسل » يعتقد بوجود أسباب ضد هذا المبدأ . وقد كانت نظرية الكوانتم وراء هذا التحول حيث أنه لا يمكننا التنبؤ بحركات الإلكترونات عندما تقذف بها ذراتها بلا سبب واضح لنا .

يقول « رسل » إنه لمن الخطأ أن نتحدث عن الكون كله فنقول أنه يكون في حالة معينة عند لحظة زمنية أخرى - كأنما اللحظة الزمنية الواحدة تشمل الكون بأسره أو كأنما الكون يتأني في لحظة بعينها .

(١) نفس المرجع السابق ص ٤٧٢

خلاصة الرأي :

في الظواهر والوقائع الطبيعية الكيميائية يستطيع باحث التجربة أن يغير من ترتيب الوقائع فيها وفي هذه الحالة يصعب التحدث عن السبب أو النتيجة أو العلة والمعلول Cause and effect وهذا سبب من الأسباب التي من أجلها يقل استخدام هذه المصطلحات في العلوم الطبيعية عنه في العلوم البيولوجية .

فظواهر علم الأحياء Biology ما هي إلا وقائع في الزمن، وباحث الأحياء التجريبي هو وحده الذي يتابع الوقائع في ترتيبها الزمني - البرعم تليه الزهرة يليها الثمر وأن هذا الترتيب لا ينعكس أبداً - والبيضة يليها الفرخ تليه الدجاجة أو الديك وأيضا هذا الترتيب لا ينعكس أبداً .

يمكن المقارنة بعد ذلك بأمثلة من تجارب كيمائية بسيطة أجراها لا فوازيه وبريستلي في تحضير الأكسجين من أكسيد الزئبق الأحمر ، إن تسخين الزئبق في الهواء مدة طويلة إلى درجة دون درجة غليانه بقليل ينتج هذا الأكسيد الأحمر وإذا سخن هذا الأكسيد إلى درجة حرارة أعلى ينتج الزئبق وغاز الأكسجين ومعنى هذا أن الزئبق قد يسبق أكسيده ، أو أن يسبق الزئبق تبعا للحرارة ، فأيهما النتيجة ، أيهما العلة وأيها المعلول ، معنى هذا أن العملية عكسية تبدأ من ناحية أو من الأخرى أى أنه في العمليات الكيمائية والعمليات الطبيعية والفيزيائية يستطيع الباحث أن يغير من ترتيب الوقائع - وفي هذه الحالة وأمثالها يصعب التحدث عن السبب والنتيجة أو العلة والمعلول .

وهذا سبب من الأسباب التي من أجلها يقل استخدام هذه المصطلحات في العلوم الفيزيائية عنه في العلوم البيولوجية .

وسبب آخر يشكك في قيمة هذه المصطلحات عند استخدامها في العلوم الفيزيائية والكيمائية وذلك صعوبة اختيار واحد من العوامل المتغيرة القائمة لنقول أن هذا - وهذا وحده هو السبب وهو العلة Cause مثال ذلك إشعال الأيدروجين في الهواء وتكوين الماء - وما السبب في الإشتعال - أهو الأيدروجين أم هو الأكسجين - أم هو الحرارة المنبعثة أم هو اجتذاب ذرة الأيدروجين لذرة الأكسجين ، أم هو يرجع إلى توزيع الإلكترونات في مدارات حول الذرات - أم هو لاستخدام نظائر معينة للعناصر ، وما هذا إلا مثل من أبسط أمثلة التفاعل الكيميائي .

فما بال التفكير بالذي هو أقل بساطة والذي هو أكثر تعقداً ، إن الأسباب والمسببات أو العلل والمعلولات أقوال تكاد أن تختفى من العلم الحديث .

في الفيزياء الذرية والنووية لا تثبت تجربة ما العلية لأن الترتيب العلى الظاهري ليس له أصل سوى قانون الأعداد الكبيرة - وهذا مستقل تماما عن كون العمليات الأولية ، التي هي العمليات الفيزيائية الحقيقية ، تتبع أولا تتبع القوانين العلية .

إن كون المواد المتشابهة نوويا تسلك سلوكا واحداً أمر لا علاقة له بالعلية فليست هذه الأجسام في الواقع متماثلة حقيقة لأن الإحداثيات التي تحدد حالة ذراتها لا تنطبق إلا نادراً والظواهر النووية التي يمكن مشاهدة صورها الشمسية هي نتيجة متوسطات أخذت من هذه الإحداثيات .

إننا لا نستطيع وضع مسألة العلية موضع الاختبار حقا ولا يملك العلماء اليوم سندا يتيح لهم تأكيد وجود العلية في الطبيعة ولا توجد هناك تجربة يمكن أن تمدنا ببرهان عليها مادامت الظواهر النووية عاجزة من حيث طبيعتها نفسها عن توفيرها .

إن مبدأ هيزنبرج عن « اللاتيقين في الطبيعة »^(١) Principle of uncertainty هو مبدأ ينتج عن تحول معنى الحقيقة تبعاً لما اكتشف في العلوم الفيزيائية المعاصرة مما أختلت به الموازين القديمة كل الاختلال . فقد أتضح في هذا القرن أن كل المعرفة الطبيعية عامة والفيزيائية خاصة والتي حصل عليها العلم ليست إلا معرفة احصائية Statistical Knowledge . هذه المعرفة تختفي وراءها حقيقة الأشياء - وحقيقة الكون Universe بالذى فيه من علل ومعلولات Cause and effect .

وأن هذا العالم المختفى وراء ما نعلم من ظواهر وما نعلم إلا القليل - ليس معروفا إلا بلغة رياضية تجعل تصورنا للمادة بعيدا عن تصوراتنا المألوفة التي ندرکها حسيا - لذلك يرى بعض العلماء أن العالم الذي ندرکه ونصفه ليس إلا ظاهر العالم - أما العالم المادى الحقيقي فإننا مازلنا نجهل الكثير عنه .

لا يشك أن رأى في الكون يتميز به عن معاصريه - يتلخص هذا الرأى في أن الكون بكل ما يحويه - كون موضوعى مستقل عنا وعن إدراكنا يرجعه إلى فلسفة معتقداتنا الأساسية وإلى المصادر التي نتخذها أركاناً أساسية في تصوراتنا للعالم الطبيعى ألا وهي العلية والموضوعية . فالكون له موضوعية واستقلاله عن ذرات الباحثين والعلماء - فالإدراك والملاحظة وتدوين الوقائع والظواهر تدین بالفضل والدقة للأجهزة والآلات والمعدات والمقاييس المعيارية وما إلى ذلك من وسائل تبعد الشخص المدرك بذاته الانسانية وتجعله

(١) مبدأ اللاتيقين عند هيزنبرج وتعدد الظواهر الطبيعية في أكثر من شكل واحد يزيد درجات الاعتقاد واليقين بوجود المدير العلمى .

لا يستطيع وصف المادة ولا الاستدلال على وجودها إلا بصيغ ومعادلات رمزية مجردة .
وعليه فإما أن يوغل الفلاسفة إيغالا في نظرية المعرفة ويحللونها تحليلا فلسفيا . وإما أن يكون هناك اقتناع باستخدام مصطلحات السواد الأعظم من الدراسين وما سهل استخدامه وتبين نفعه .

إن العلة والمعلول عبارة يعمل في نطاقها الباحث في تجربته ، ما نفعت وهي قد لا تنفع ولا يكون من وراءها إلا التحفظ .

وأن القضية قانون العلية قانون كلى تخضع له كل ظواهر الكون قضية كاذبة - ليس هناك عداء من جانب العلماء المعاصرين للعية - إذا جاءت نتائج التجارب تنطوى على العلية أثبتوها وإذا جاءت نتائج أخرى معارضة أثبتوها أيضا .

أما الحتمية Determinism في العلم الطبيعي ، فهي القول بأن الظواهر الطبيعية تطرد وفقا لقوانين ثابتة محتومة بمعنى أن الإنسان يفترض دائما أن الظواهر تخضع دائما في إطرادها لنظام دقيق محكم لا تحيد عنه .

إذن فالمقصود بالحتمية هو الاعتقاد بأن الظواهر الطبيعية وكل ما يحدث في الكون بما في ذلك الأفعال الإنسانية وظواهرها السيكلولوجية - إنما تقع نتيجة ضرورية لما سبق من أحداث على وجه لا يكون فيه أى درجة من درجات الاستثناء - ومعنى ذلك أننا إذا ما عرفنا الظروف التى تحدث فيها الظاهرة لأمكن التنبؤ بحدوث هذه الظاهرة كلما وجدت هذه الظروف، وبمعنى آخر الاعتقاد بأن الحوادث كلها ناتجة عن علل حتمت وقوعها .

هناك تعريف محدد للحتمية : هو القول أن كل ما بالعالم من ظواهر ووقائع وحوادث تخضع لقوانين معينة تفسر وقوعها ، بحيث إن عرفنا تركيب جزء معين من المادة في مكان معين وزمن معين ، وعرفنا القوانين التى تخضع لها هذه المادة . أمكننا تفسير كل ما صدر عنها من حركة وتفسير في الماضي وتنبأ بما سوف يصدر عنها في المستقبل . وإذا حدثت واقعة لا نستطيع تفسيرها في ضوء ، ما لدينا من قوانين ، نقول أننا لم نكتشف بعد القانون الذى يحكمها^(١) .

إذا كانت الحتمية تقوم على إمكان التنبؤ بالأحداث والظواهر والوقائع الطبيعية نظرا لوجود تعاقب حتمى مطرد بينها ، فعلى العلماء في مجال البحث العلمى الكشف عن

(١) د. محمود فهمى زيدان : علم الطبيعة المعاصر ١٩٨٣

القوانين التى تؤكد هذا الأطراد فى الطبيعة على هذا النحو الضرورى ناء على ملاحظتهم للظواهر .

هناك حتمية يطلق عليها الحتمية الكلية ، وهى القور بأن كل حادثة فى الطبيعة تحددها حادثة أو سلسلة من الحوادث سابقة عليها ، بحيث نقول ما كان ينبغى أن تحدث حادثة ما لو أن تلك السلسلة السابقة عليها لم تحدث^(١) .

لقد عبر « كلود برنارد » **Claude Bernard** عند ذلك المبدأ بقوله ، أنه « فى الكائنات الحية وفى أجسام الجوامد على حد سواء ، تتحدد شروط وجود كل ظاهرة تحديداً مطلقاً بمعنى أن هناك شروطاً ضرورية لوجود ظاهرة ما تسبقها أو تصحبها بحيث يستحيل أن تحدث هذه الظاهرة فى غياب الشروط^(٢) . والعالم الحتمى عند « بيكون » تسيره قوانين ثابتة لا توجد فيه حوادث تعصى أو تخالف تلك القوانين - فإن وجدت ، إذن فالقوانين هى الكاذبة لأنها لن تكون قوانين حتمية . تراءى لبيكون أن بالكون عدداً محدوداً من الطبائع Natures بلجتماعها وتفرقها بدرجات مختلفة تتألف الأشياء الجزئية^(٣) ، وأن مشكلة العلم هى معرفة تلك الطبائع واكتشاف قوانينها .

ظل العلماء يعتقدون فى صحة مبدأ الحتمية ، على أساس أنه أحد المبادئ الضرورية لإقامة القوانين العلية - إذ أن حتمية أى ظاهرة لا بد وأن تصاغ فى صورة قانون . ولذا فالتفسير فى العلم هو بمثابة تحديد لصيغة القانون الذى يكشف عما فيه من ضرورة^(٤) . وهكذا ظل مبدأ الحتمية سمة من سمات العلوم الطبيعية حتى طوال القرن التاسع عشر ، فلقد كان من خصائص التفكير العلمى آنذاك التسليم مقدماً بمبدأ الحتمية أو الجبرية^(٥) .

فالظواهر يعم وقوعها متى توافرت أسبابها ويستحيل أن تقع مع غياب هذه الأسباب ، كما كان التنبؤ أهم سمات العلم وهو وليد إطراد العلاقات بين الظواهر ، ولذلك كان وقوع

(١) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ترجمة د. فؤاد زكريا الجزء الأول ص ٧٩

(٢) د. محمود فهمى زيدان - الاستقراء والنتج العلمى دار الجامعات المصرية ١٩٧٧ ص ٦٧

(٣) نفس المرجع السابق ص ٦٧

(٤) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ترجمة د. فؤاد زكريا الجزء الأول ص ٨٠

(٥) عادة تستخدم كلمة الجبرية Fatalism فى مقابل حرية الاختيار بالنسبة لأفعال الانسان وسلوكه وتستخدم كلمة الحتمية Determinism فى مقابل Indeterminism بالنسبة للظواهر الطبيعية وحوادث وموضوعات العالم الخارجى .

راجع مجمع اللغة العربية : معجم الفيزيقا النووية والالكترونية ١٩٧٤

الظواهر في نظر العلم ضرورى وليس ممكنا أو محتملا ، ومعنى هذا أن المستقبل سيكون على صورة الحاضر لأن كليهما خاضع لقوانين محددة صارمة .

فالظواهر الطبيعية إنما تحدث بشكل مطرد ، على وتيرة واحدة لا تتغير ، وهذا ما يسمى بمبدأ اطراد الطبيعة Uniformity Nature ، ويرجع مبدأ العلية إلى ظن بعض الفلاسفة أن ما يحدث في الطبيعة يمكن أن ينحل إلى حوادث منفردة قد تتجمع أزواجا على صورة تكون عليها حوادث كل زوج متصلة بعلاقة العلة والمعلول .

عبر لابلاس Laplace عن هذا المعنى بقوله : إن علينا أن نعتبر الحالة الراهنة للكون نتيجة لحالته السابقة وسببا في حالته التي تأتي بعد ذلك مباشرة ، ولو أنه أتيج لعقل ما في لحظة من اللحظات أن يتعرف على سائر القوى المنتشرة في الطبيعة ، وموضوع كل كائن من الكائنات التي تتكون منها لاستطعننا أن نعب بصيغة واحدة عن حركات أكبر الأجسام في الكون ، وعن حركات أضال الذرات وزنا ولكان علمنا بكل شيء علما أكيدا ، بل سيكون المستقبل كالماضى سواء بسواء ، حاضراً أمام عينيه كالحاضر تماماً^(١) .

اهتم علماء مناهج البحث في العلوم التجريبية بدراسة مبدأ الحتمية من حيث هو أساسى للاستقراء ، والمنهج الاستقرائى ، إذ أن الاستقراء يفرض الأيمان بالحتمية ، أى الاعتقاد بخضوع الطبيعة لقوانين ثابتة ، ومن هنا كانت الحتمية أساس الاستقراء^(٢) . إلا أن الفلاسفة وفلاسفة العلم توقفوا عند هذا المبدأ ، بغرض تحليله ، ومعرفة الأساس الذى يقوم عليه ، أو معرفة مصدره .

فقد اعتبره التجريبيون نتيجة لعملية استقرائية ، في حين أنه هو الأساس للاستقراء لأن المبدأ الواحد لا يكون برهانا على صحة نفسه . كما أعتبره بعض الفلاسفة من العقلين مبدأ فطرياً في عقل الانسان والدليل عندهم على ذلك أن أغلب الناس يعرفون هذا المبدأ . أما فلاسفة العلم من المنطقيين فقد رفضوا التفسيرين السابقين واعتبروا مبدأ الحتمية فرضا شديد العمومية ، نسلم بصحته دون أن نشعر بالحاجة إلى البرهنة عليه - فطالما هو الأساس الذى تعتمد عليه جميع العلوم وطالما أن التسليم به يتيح الفرصة لتقدم العلم - وطالما أن البرهان على استحالة ، هو في ذاته أمر غير ممكن .

أجاد نيوتن Newton التعبير عن الميكانيكية في أبهى صورة علمية لها - وتؤدى ميكانيكا نيوتن إلى القول بحتمية وقوع الظواهر الطبيعية والتنبؤ الدقيق بمستقبلها فإذا ما

(١) د. محمود قاسم المنطق الحديث ومناهج البحث ص ٦٦ القاهرة ١٩٦٨

(٢) بون موى المنطق وفلسفة العلوم الجزء الثانى ص ٢٣١

عرفنا حالة العالم في لحظة معينة واحدة لاستطعنا أن نحسب بأقصى درجات التفصيل الطريقة التي سوف تتغير بها هذه الحالة إلى حالة أخرى ، وإذا ما عرفنا هذه الحالة الأخرى لاستطعنا أن نحسب الحالة اللاحقة لها وهكذا إلى غير ما حد . ومعروف أن حتمية بيوتن هي الحتمية المطلقة والتي سادت في مواقف علماء الطبيعة في القرنين الثامن والتاسع عشر - تلك الحتمية المطلقة ، رفضها الفلاسفة والعلماء المعاصرين واتخذوا لهم حتمية أكثر اعتدالا تتمشى مع اكتشافات علم الطبيعة في القرن العشرين كما أرتأى لهم أن الفيزياء المعاصرة أوسع مجالا لتطبيق الحتمية المعتدلة باستخدام القوانين الاحصائية الاحتمالية ، التي اضطر العلماء إلى استخدامها عندما تعسر عليهم تطبيق القوانين العلية في تفسير الكثير من الاكتشافات .

يرى القائلون بالحتمية أن الظواهر الطبيعية في الكون تسير في اطراد وفق قوانين إحصائية إحتيالية تصف وتفسر الظواهر والحوادث مع إمكانية التنبؤ بفضل القوانين الطبيعية الصارمة التي لا تتغير - والظواهر التي تضبطها هذه القوانين يربطها بظروف وجودها حتمية معتدلة - قد نكشف في ثناياها بعض العلاقات العلية فيما تصفه وتفسره تلك القوانين .

« الفيزياء المعاصرة أوسع مجالا لتطبيق الحتمية باستخدام القوانين الاحصائية »

ظل مبدأ الحتمية مقبولا في العلم حتى القرن التاسع عشر - حين بدأت النظرة تتغير إلى ميكانيكا نيوتن وقوانينه الخاصة بالحركة ومن ثم بدأت الثقة تضعف في مبدأ الحتمية المطلق أو الآلى ... Mechanical Determinism فالكون لم يعد مع بداية القرن العشرين على نفس التصور والتفسير لظواهره التي كان يظن أنه عليها من قبل - إذ بدأ منذ ظهور نظرية الكوانم Quantum theory تفسير جديد لظواهر الكون - وبدا للكثير من العلماء عدم صلاحية مبدأ الحتمية المطلقة ومن ثم اتجهوا إلى القول أحيانا بحتمية أخرى وأحيانا باللاحتمية وإلى رفض كل تحديد مسبق لما في العالم من ظواهر لم يمكن تفسيرها ضمن القوانين الثابتة الحتمية السابقة - ولم يكن ذلك إلا بظهور ما يتعلق ببعض مجالات البحث الفيزيائية أهمها النظريات العلمية في العلوم الطبيعية التي تقوم على قوانين احصائية^(١) مثل

(١) أمكن تطوير مفهوم القانون الاحصائي بحيث يتضمن حساب الاحتمالات الرياضية مما يساعد على التفسير والتنبؤ - من الأمثلة على ذلك ما يقوم به الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء من عمل إحصائيات مستقبلية للمواليد والوفيات للشعب لإمكان التنبؤ بالتغيرات المستقبلية إجمالاً . كما أن التنبؤ الفلكي بما سيصير عليه الطقس العام ينبع من علوم لها أصولها وحساباتها ، فالواقع أن التنبؤ

قانون العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه « بويل » والنظرية الحركية للغازات وقانون الديناميكا الحرارية - ونظرية الكوانم في انبعاث الطاقة والأشعاع - والنظرية الموجية للمادة

(١) ما يتعلق بتفسير النظرية الحركية للغازات :

تبين للعلماء عدم إمكانية استخدام قوانين ومعادلات نيوتن للحركة بصورة مباشرة في دراسة حركة جزيئات الغاز - لأنه في أقل الحجوم الصغيرة لغاز توجد كمية تعادل مليارات الجزيئات تتطلب حل مسألة حركتها كتابة معادلات الحركة لكل جزيء . وهذا يعنى كتابة قوانين معادلات الحركة لنيوتن بما يساوى عدد جزيئات الغاز ثم حل هذه المعادلات جميعا في اللحظات التي يتغير فيها اتجاه حركة المليارات من جزيئات الغاز عقب كل تصادم .

لذا فقد ذهب الفيزيائيون إلى الأخذ بحساب سلوك المجموعات الكبيرة من الجزيئات وتطبيق حسب الاحتمالات Calculus of probabilities .

ولقد درس مكسويل وبولتزمان وكلاوزيوس هذه الحركة دراسة شاملة وأخضعوها للقواعد الرياضية في حساب الاحتمالات .

ان فكرة الاحتمال على الأقل تبسط موضوع تحليل هذه الظاهرة ومثيلاتها في مجال فيزياء الغازات فلن يمكن وصف جسم وصفا كاملا حتى إذا كانت لدى الباحثين أجهزة كاملة للقياس - إن النظرية الحركية للغازات كانت أول بصيص يشير إلى فلسفة اللاتيقين .

(٢) ما يتعلق بمبدأ اللاتيقين هييزلبرج :

هذا المبدأ قوض الفيزياء التقليدية التي تعتمد أساسا على فكرتي الموضع والسرعة ، لتوضيح ذلك ، يقول العلماء لكى نقيس سرعة الكترون أو نحدد موضعه لابد من إنارته فلا يمكن رؤية شيء في الظلام - وكيف تم الأنارة ؟ إن ذلك يتوقف على حجم الشيء فالشرط الأول للحصول على الصورة واضحة للشيء هو أن يكون طول موجة الضوء المستخدم في الأنارة أقل من حجم ذلك الشيء^(١) . فإذا كان مقياس حجمه ينقص بحوالى $\frac{1}{10}$ العلمى لا ينبع من فراغ ، بل هو نابع من نواويس الكون وأحكامه ويتمشى معها ولا يتعارض مع قواعدها

راجع . د. عبد المحسن صالح - الفيزياء العلمى ومستقبل الانسان عالم المعرفة ١٩٨١ ص ١٥

(١) ريدينك ، فهاهى ميكانيكا الكم ؟ ص ١٢٨ - ترجمة عربية صادرة عن دارمير للطباعة والنشر موسكو ٩٧١

مليار مرة عن طول موجات الضوء - فبأى شيء يمكن إنارته ؟ لا يوجد لدى العلماء إلا أشعة جاما ذات الموجات القصيرة جدا - عندما وجه العلماء أشعة جاما إلى الإلكترون فإننا لا نجد لهذا الأخير أثراً .

فقد كان هناك الكترون في هذا المكان ثم طار إلى مكان مجهول^(١) . هكذا تبين للعلماء استحالة تحديد موضع الالكترون أو سرعته في أى لحظة مما جعلهم يرفضون مبدأ التحديد أو الحتمية المطلقة .

وأستعاضوا عنه بمبدأ اللاتحديد أو اللاحتمية حيث الاحتمال والترجيح بدلا من الحتم والتحديد في عالم الكيانات المتناهية في الصغر الأمر الذى دعى هيزنبرج إلى القول بأن الفيزياء النووية لا تخضع لمبدأ الحتمية الكلى في تفسيرها لحركة وسرعة الالكترونات^(٢) . وبالتالي عجز العلماء عن إمكانية التنبؤ .

(٣) ما يتعلق بالخاصية الشائبة للضوء :

كانت هناك النظرية الجسيمية Corpuscular theory لنيوتن والتي تفسر الضوء على أنه جسيمات تسير في خطوط مستقيمة نسميها أشعة الضوء وهذه النظرية تتفق وقوانين نيوتن الكلاسيكية في الحركة . ثم ظهرت النظرية الموجية Wave theory لكريستيان هيجنز C.Huygens الفيزيائى الهولندى المعاصر لنيوتن وهى تفسر الضوء على أنه موجات لاجسيمات ينتشر في وسط رهيف يتخلل كل الأجسام هو الأثير Ether^(٣) وقد أيدتها التجارب التى قام بها بعد ذلك كل من توماس يونج T.Young وفرزنىل Fresnel وفراونهوفر Franuhofer فضلا عن تجارب مكسويل Maxwell وهرتز Hertz .

وبظهور نظرية الكوانتم السابق ذكرها تفصيلا ، افترض أينشتين أن الضوء هو مجرد سيل من الفوتونات ، والفوتون بهذا المعنى جسيم يحمل مقدارا ضئيلا جدا من الطاقة المضيفة - وكان استدلاله على كونه جسيما يرجع إلى تجربة انطلاق الكترونات من أى جسم معدنى بتأثير الضوء حيث الطاقة الفوتونية تكفى لتحطيم الروابط بين الالكترون والمعدن .

(١) A, Eddington, The philosophy of physical science Cambridge 1938 p. 90

(٢) A, Eddington, The nature of the physical world. Cambridge Univ. Press 1944 p.220

(٣) Malpa phillips, Quantum Mechanics, macmillan 1949 p.189

هناك إذن نظريتان للضوء تفسران طبيعته ، لكل منها ما يؤيده من تجارب لذا انتهى علماء الفيزياء إلى رأى لا سواه وهو أن الضوء عبارة عن جسيمات وموجات في آن واحد يظهر كموجات عندما يدرسون ظواهر معينة « كالتداخل » *Interference* « والحيود » *Diffraction*^(١) ويظهر كجسيمات (فوتونات) عندما يدرسون ظواهر الطاقة . بل أن الظاهرة الضوئية الواحدة أصبحت من المستطاع تفسيرها من خلال النظريتين فالفوتون يتصف بصفات موجية جسيمية - لأنه جسيم قادر على طرد الالكترون من المعدن - كما أن له ترددا وبالتالي له طول موجي وطاقته تتناسب مع تردده الموجي . هكذا يتضح أن ظواهر الكون الفيزيائي لا تخضع لقوانين واحدة ثابتة أو مطلقة والا لكانت تقبل تفسيراً واحداً صحيحاً .

والأمثلة الثلاثة السابقة تتعلق بظواهر الكيانات المتناهية في الصغر والتي يطلق عليها في الفيزياء المعاصرة اسم الكيانات « الميكروفيزيائية » *Microphysics* .

(٤) فيما يتعلق بالفضاء الكوني :

أما فيما يتعلق بالكيانات الكونية المتناهية في الكبر وما يطلق عليها الكيانات الماكروفيزيائية *Macrophysics* فقد كان الرأى قديماً يرى الكون كله على أنه منظم وفقاً لقوانين ثابتة مطلقة أو حتمية بها إطراد منتظم إلا أنه مع تقدم علم الفلك وظهور النظريات النسبية تبين أن وحدات الكون لم تعد هي الكواكب والنجوم ، بل أصبحت هي المجرات التي لم يمكن للعلماء إحصاء عددها^(٢)، والتي قوام كل مجرة منها آلاف ملايين النجوم يبعد بعضها عن الأرض بما يزيد عن مليون سنة ضوئية .

وأن المجرات التي توجد بها تلك النجوم تتباعد وتراجع عن بعضها البعض بسرعة تصل إلى ملايين الأميال في الساعة بحيث لا يصلنا شيء من الضوء المنبعث من أقرب نجومها إلينا^(٣) . وهكذا يزداد حجم الكون ويتمدد مما يعنى أن القول بقوانين ثابتة مطلقة تحكم حركات الكون المتمدد الهائل لا ينطبق ، حيث لا تستطيع الوقوف على نهاياته أو اتجاهاً حركة مجراته ، أو سرعاتها بحيث يمكن في لحظة ما أن ننتبأ باتجاه أو موقع مجرة -

(١) ظاهرة الحيود أو الانعطاف بحسب ترجمة المجمع اللغوى .

(٢) قوام الكون المرئى في وقتنا الحاضر ما يزيد عن ٢ مليون مجرة كلها آخذة في التباعد عن بعضها البعض

راجع د . جمال الدين الفندى : الفضاء الكونى ص ١٢ المكتبة الثقافية العدد ٣٧ سنة ١٩٦١

(٣) نفس المرجع السابق ص ١٣

طالما أننا نفقد أثرها الضوئي . ومن ثم فهم ينتهون إلى أن مبدأ الحتمية المطلقة لا يصلح لتفسير الظواهر الكونية .

الحتمية بين التأييد والرفض :

إن بعض الاتجاهات العلمية والفلسفية مازالت تؤيد وجود مبدأ الحتمية المطلقة . من بين أنصار المبدأ الحتمي في الفلسفة المعاصرة ، أصحاب المادية الجدلية^(١) . فهم يتفقون على أن الظواهر محددة بطريقة عليّة وتخضع في تطورها الأساسي لقوانين موضوعية ، وبعبارة أخرى كل الظواهر الطبيعية مرتبطة بمجموعة محددة من العلل والشروط على وجه ضروري . وأن الضرورة العامة للظواهر متصلة تماماً بمبحث مادية العالم وأن كل ما في العالم هو المادة ومنتجاتها وأن بصورة وجود المادة هو المكان والزمان وكل الظواهر تحدث فيها .

هذه النزعة الحتمية قوبلت بمعارضة شديدة من جانب اللاحتميين الذين يرون أن التقدم العلمي في أواخر القرن التاسع عشر زرع مبدأ الحتمية في مجال العلوم الفيزيائية وبمجيء القرن العشرين بنسبته ومقاييسه الدقيقة انتهى الأمر بأغلب العلماء إلى رفض الحتمية المطلقة .

وقد حمل « أدنجتون » Eddington العالم والفيلسوف الأنجليزي حملة عنيفة على أنصار المبدأ الحتمي المطلق ، مؤكداً أنه لا يعرف أى قانون حتمي في عالم الفيزياء والظواهر الطبيعية وما القول بالحتمية في رأيه إلا نتيجة لمعرفتنا السطحية . إن أدنجتون ممن لا يرتضون مبدأ الحتمية المطلق principle of absolute determinism حيث يرى أن تقدم الفيزياء المعاصرة يجعل الدفاع عن مبدأ الحتمية المطلق مستحيلاً ، وهو يقول أنه لا يعرف أى قانون حتمي في عالم الطبيعة وأن فرض الحتمية المطلق لا يعتمد على أى دليل ، بل هو في طريق الاختفاء - كذلك يرى أن الإيمان بوجود علاقات صارمة في الطبيعة - ليس إلا نتيجة للطابع الساذج الفج الذي تتصف به معرفتنا للكون ، ويمكن تفسير الإيمان بالحتمية المطلقة بأننا لا نعرف الأجسام المركبة وبأننا نخلط في الواقع بين القوانين بمعناها الحقيقي وبين القوانين التي لا تصدق إلا على المركبات . أما الآن وقد أنهينا إلى معرفة طبيعية أكثر دقة عما مضى ، فإننا نرى أن هناك مجالاً في الظواهر يسيطر عليه مبدأ آخر وهو مبدأ اللاحتمية Indeterminism الذي يصدق على التفاصيل والعناصر التي تتكون منها المركبات والأجسام .

(١) ف ريدنيك : ماهي ميكانيكا الكم ؟ دارمر للطباعة والنشر العلم للجميع ص ١٢٦ الطبعة الثانية ١٧٦

يقول « ادنجنون » في هذا الصدد إن الأرض لا تطرد في حركتها وفقا لقانون محدد .
The earth goes anyhow it likes. حقيقة أن المبدأ الحتمى في العلوم الطبيعية قد فقد في
الوقت الحاضر الكثير من مبررات وجوده ، فاكشاف نظرية الكوانتم لماكس بلانك
واكتشاف هيزنبرج لمبدأ اللاتحديد عام ١٩٢٧ وغيرها من الأكتشافات العلمية الحديثة ،
قد أبعد كل قول بالحتمية وحل محلها مبدأ حتمية معتدلة تسير وفقها الظواهر الطبيعية .

ويقول ادنجنون في كتابه « طرق جديدة في العلم »^(١) أن تصورات الظواهر
الطبيعية تزداد صعوبة على الفهم ، فقد غيرت النظريات النسبية والكوانتم والميكانيكا
الموجية شكل العالم ، وجعلته يبدو وهميا في عقولنا . وربما لم تكن النهاية قد حلت بعد ،
ولكن للتحويل وجهة أخرى - فقد كانت الواقعية الساذجة والمادية والتصورات الآلية
للظواهر بسيطة على الفهم ، ولكننى أعتقد بعدم تصديقها إلا باغلاق الأعين عن الطبيعة
الجهورية للتجربة الواقعية ، إن هذه الثورة في التفكير العلمى لتزيل التناقض العميق بين
الحياة والمعرفة وأن آخر أوجهها باستبعاد الحتمية هو إحدى الخطوات الكبرى في سبيل
التقدم . وإلى هذا الحد الذى وصلنا إليه في بحث العالم المادى لا يمكننا أن نجد ذرة من دليل
في صالح الحتمية .

(٥) القوانين العلمية احتمالية :

كانت الكيانات التى أستخدمها الفيزيائيون لتكوين الذرة هى الالكترونات والأنوية بما
تحويه . وكانت الصعوبة هى أن تعرف وأن تحدد أى ميكانيكا ينهى استخدامها لوصف
وتحديد حالات الحركة للمجموعات الذرية .

كان الاتجاه الأول هو أن نعتبرها مجموعات تحكمها القوانين الكلاسيكية ولما فشل هذا
الاتجاه الأول في تفسير استقرار الذرات ووجود مستوياتها الطاقية أصبح لزاما على
الفيزيائيين الالتجاء إلى نظرية الكوانتم . ثم جاءت الميكانيكا الموجية لتعيد تفسير نتائج
نظرية الكوانتم بعد تعديلها في أكثر من موضع ولتفتح العيون على تصورات غيرت تغييرا
جذريا الصور التى قامت عليها كل النظريات الفيزيائية كما أوضحت أن حتمية الفيزياء
الكلاسيكية يجب أن تتنحى إلى حد ما في هذا النطاق الجديد لتترك المكان لعدم التحديد
الكمى (لعدم اليقين الكمى) والاحتمالات .

فقد كان من تطور ما صادفته الميكانيكا الموجية من نجاح أنها طبقت على المادة

Eddington; Newpathways in Science.

(١)

ادنجنون أشد العلماء الفلاسفة المحدثين تحمسا لنفى الحتمية .

تصورات الاحتمال وعدم التحديد واللافردية والمظاهر التكميلية التي أوحى بها دراسة الضوء وهكذا فتحت آفاقاً أمام فلاسفة العلم الطبيعي .

فالقوانين العلمية أصبحت قوانين احتمالية^(١) تصف لنا ما يحدث في الطبيعة دون إضافة أى عنصر ضرورى أو حتمى . وأصبح الاقتراب إلى روح العلم أن يكون القانون العلمى مجرد « وصف » للطرادات التي نلاحظها في الأشياء دون أن نضيف إلى هذا الوصف أى عنصر حتمى وأن كل ما يقوله فلاسفة العلم المعاصرين لا يخرج عن مجرد الاحتمال ولا يبلغ مرتبة اليقين مهما زادت درجة الاحتمال .

وعن تصور الاحتمال نشأ تصور القانون الاحصائى بفضل الفيلسوف الرياضى الفرنسى باسكال Pascal حيث توصف القوانين الطبيعية بالاحتمال - أى قد تكون صادقة أو كاذبة واحتمال صدقها أكبر من احتمال كذبها ، أو أنها صادقة طالما تدعمها التجربة - يمكن تطوير مفهوم القانون الأحصائى بحيث يتضمن حساب الاحتمالات الرياضية - كما يتضمن فرضاً في ذهن العالم يوجه ملاحظاته وتعميماته ويساعد القانون الاحصائى بهذا المستوى على التفسير والتنبؤ .

هكذا يتعد المبدأ الحتمى المطلق من مجال العلوم الفيزيائية والطبيعية وأصبح القانون العلمى على يد أنصار الوضعية المنطقية أشبه بالخريطة الجغرافية ، فهو تعليمات يسترشد بها الباحث في طريق سيره خلال الظواهر الطبيعية .

كان من المقرر لدى فلاسفة وعلماء القرنين الثامن عشر والتاسع عشر أن مبدأ الحتمية هو فرض الفروض أو الأساس الذى تعتمد عليه جميع العلوم - ولولا هذا الفرض لما نشأت العلوم الطبيعية أو تقدمت . فتاريخ هذه العلوم يشهد بأنها لم تخط خطوات واسعة في الكشف عن القوانين الطبيعية إلا منذ أعتقد الباحثون أن الطبيعة تخضع لنظام عام ثابت مطرد ويصدق ذلك على العلوم الطبيعية والعلوم الانسانية وأكثر من ذلك فإن مبدأ الحتمية شرط ضرورى للتفكير الاستنباطى Deduction لأن نقطة البدء فيه دائماً صادقة في جميع الأزمان والأمكنة . حقاً لم يستطع أحد البرهنة على صدق مبدأ الحتمية بطريقة قياسية أو تجريبية أى بالملاحظة والتجربة المباشرة فيه ، والدليل غير المباشر على صدق مبدأ الحتمية عند المناطقة هو ذلك العدد الكبير من القوانين العلمية التي كشفت عنها مختلف فروع العلوم الطبيعية .

H. Dingle, Science and Human Experience. London. 1931 p.87

(١)

يقول هنري بوانكاريه^(١) : ان القانون من أحدث الكشوف التي أهدت إلى إليها العقل الإنساني وما زالت توجد شعوب تعيش في معجزات مستمرة دون أن تبدي دهشتها لذلك أما نحن فيجب علينا أن ندهش من اطراد الطبيعة ونظامها . لقد كان لتقدم علم الطبيعة الحديث في القرن العشرين بسبب الاكتشافات النووية وظهور نظريات الكوانتم والنسبية تأثيره على مبدأ الحتمية - إن علم الطبيعة التقليدي (النيوتوني) كان يصور العالم كما لو كان نظاما ميكانيكيا ، يمكن وصفه بدقة من الوجهة المكانية ، وما يطرأ عليه من تغيرات الوجهة الزمانية ، بحيث يمكن التنبؤ بتطور الظواهر في الكون على درجة عالية من الدقة بمعرفة عدد من الحقائق . ثم اتضح بعد ظهور الاكتشافات المعاصرة أن العالم يعجز عن تحديد موضع أحد الجزيئات التي تدخل في تركيب الأجسام كما يعجز عن تحديد سرعة هذا الجزيء في الوقت نفسه .

إذ لوحظ أن كل زيادة في دقة قياس الوضع المكاني للجزيء تفضي إلى زيادة مقدار الخطأ في تحديد سرعته . والعكس بالعكس . أى أن عالم الفيزياء يعجز عن تحديد القوانين الخاصة بالأجسام المتناهية في الصغر - ولو أمكن تحديد هذه القوانين لاختلفت عن القوانين التي تصدق بالنسبة إلى المركبات التي تتكون من هذه الجزيئات المتناهية في صغرها. أى أن ما يصدق بالنسبة إلى المجموع لا يمكن أن يكون صادقا بالنسبة إلى كل عنصر من عناصره .

وأما « ديراك » Dirac فيصرح بأنه لا سبيل للدفاع عن مبدأ الحتمية بمعناه التقليدي ويقول أن الطبيعة تجرد نفسها في لحظات معينة لدى مفترق طرق ، أى أمام عدة اتجاهات ممكنة ومن ثم يجب عليها أن تختار إحدى هذه الاتجاهات التي تعرض نفسها عليها . وهذا الاختيار حر إذ لا يمكن التنبؤ بما سيحدث اللهم إلا إذا كان ذلك على هيئة ما يسمى « بحساب الاحتمالات » ، Calculus of probabilities . يتفق أينشتين مع كثير من العلماء المعاصرين في حتمية العالم الطبيعي وسلطان القانون العلمي ويقول : إن الحوادث

(١) هنري بوانكاريه Henery. B. (١٨٥٤ - ١٩١٢) هو واحد من فريق العلماء المتابعين لنقد المعرفة العلمية وله في هذا كتب مشهورة هي العلم والفرض (١٩٠٢) وقيمة العلم (١٩٠٥) والعلم والمنهج (١٩٠٩) وعواطر أخيرة (١٩١٣) نشر بعد وفاته ، وهو يذهب إلى أن ليس للنظريات العلمية ما يدعيه لها المذهب الواقعي من قيمة مطلقة ، ففى تطبيقها على الظواهر المستقبلية يوجد دائما إمكان للتغير ، ويوجد أحيانا كثيرة ضرب من عدم المطابقة قد يسمح بتصوير تفسير آخر وبنسبة العلم الحديث ولاسيما الفيزياء .

في الطبيعة تحكمها قوانين دقيقة حاسمة أكثر مما نظن^(١) ، وتتضمن نظريته العامة للنسبية أن تركيب الكون وحركات ما فيه من أجرام سماوية وأجسام محسوسة تخضع لقوانين واحدة ثابتة مع إطراد منتظم للظواهر بحيث يمكننا التنبؤ بفضل المعادلات الرياضية .

ويقول جينز : إن المعادلات الى تعبر عن الموجات في النظرية الموجية للطاقة كما رآها مكسويل والتي تعبر عن انتشار الأثر الكهربى - هى معادلات تدعم الحتمية لأنه يمكن معرفة الظروف المستقبلية بمعرفتنا في أى لحظة حالية . وتتضمن المعادلات التفاضلية المعبرة عن موجة الالكترون حتمية ماثلة .

رسل والحتمية :

كتب رسل مقالة بعنوان مذهب الحتم والفيزياء^(٢) **Determinism and physics** تؤكد الحتمية في علم الطبيعة التقليدى على أن العلاقة بين الأشياء هى علاقة عليية تقوم على دعائم ثلاث المكان والزمان والمادة - انتهى الأمر بالمادة من خلال نظرية الكوانتم ، أن أصبحت إشعاعاً متموجاً في حركته ، وهدمت النسبية فكرتى الزمان والمكان المتتابعين ، وحل محلها متصل « الزمكان » . وهكذا انهار مذهب الحتمية . كما أمتدت الثورة إلى زعزعة الصحة المطلقة لقانون العلية . ويناقش رسل في مقالته ما إذا كان مبدأ اللايقين لهيزنبرج يتضمن الإشارة إلى أن العالم لا يتكون من نظام حتمى ، وبعد ظهور ميكانيكا الكوانتم . ويرى « رسل » أن مبدأ اللايقين نتاج للنظريات المعاصرة يتناول الوقائع بأسلوب جديد ، فهذا المبدأ لا يدل على وجود شيء لا نستطيع تحديده كما يفهم البعض - فكل شيء يمكن تحديده وتعيينه ، باستخدام الملاحظة والتجربة بالإضافة إلى الوصف الكافى للظواهر المعنية - فاللايقين لا يعنى الفوضى والتشتت - كما يشير اللايقين إلى التحديد التقريبى أو القياس الاحتمالى للظاهرة دون الوصول إلى نتيجة بتحديد تام - والقياس الاحتمالى هنا - يعنى الاحتمال المستخدم فى العلوم الطبيعية والرياضية المعاصرة بمفهومه الاحصائى الذى يتعلق بالمتوسطات والمجاميع . وإدخال هذا المنهج الإحصائى والموضوعى لا يعنى إدخال الذاتية كما يرى « رسل » إنه لا يجد ما يمنع من أن يكون القانون احصائياً وعلياً فى نفس الوقت ويستشهد بالقوانين الإحصائية فى نظرية الكوانتم مثلاً على ذلك .

(١) دعاة الحتمية يقولون أن ما توصلنا إليه قديماً من قوانين لم تكن هى القوانين الثابتة التى تفسر هذه الظواهر أو تلك ، بل كانت محاولات لتفسير الظواهر ، فنحن لم نتوصل بعد إلى الكشف عن القوانين الثابتة المطلقة لعجز أدواتنا العلمية المتاحة وقد يستطيع العلم ذلك مستقبلاً .

(٢) **B. Russell, Determinism and physics. Armstrong College, Jan 14, 1936**

وهكذا بقدر اعتقاد رسل مبدأ اللايقين لا ينفي القول بنوع من الحتمية .

الحتمية المطلقة والحتمية المعتدلة :

إنّ القول بالحتمية والعلية موقف فلسفى ميتافيزيقى وليس من العلم فى شىء فهو اعتقاد منذ قديم الزمن يتطور بتطور المذاهب الفلسفية ، وإن أدلى العلماء فيه بدلوهم - أن الحتمية الحاسمة أو المطلقة هى التى صاحبت الفكر النيوتونى والميكانيكا الكلاسيكية حتى نهاية القرن التاسع عشر .

وبعد اكتشاف نظرية الكوانتم والميكانيكا الموجية لم يرفض العلماء الحتمية المطلقة من حيث المبدأ وإنما عبروا فيما كتبوه بما يعنى اقتناعهم بحتمية أخرى « حتمية معتدلة » تتمثل فى القوانين الاحتمالية والميكانيكا الاحصائية التى يمكن أن تفسر الظواهر الطبيعية .

إن فيزياء الكوانتم فى مجالها الذى يتمشى مع الظواهر ذات المقاييس المتناهية فى الصغر عاجزة عن الوصول إلى الحتمية أى التنبؤ الكامل أو الدقيق بالظواهر الممكن مشاهدتها . أنصار الحتمية سوف يقولون أن هذا لا يثبت أنه ليس هناك حتمية كاملة للظواهر الطبيعية ، وأنه يثبت أننا لا نعرف كل الوسائل والعناصر التى يعتمد عليها كشف الظواهر الطبيعية . وأن بعضا من هذه الوسائل تغيب عنا ومعرفتنا لها ينبغى أن تقدم دليلا على الحتمية . فإذا تقدمت الفيزياء التجريبية المعاصرة بخطوات كاشفة عن هذه الوسائل والعناصر المجهولة - عند ذلك سوف يكون ممكنا أن نقيم حتمية من جديد « حتمية معتدلة » . أن الحتمية قائمة فعلا فى مجال الكيانات الفلكية المتناهية فى الكبر ولكنها لم تعد تظهر بهذا الوضوح فى المجال النووى وانتقال الطاقة . حيث لم يعد فى فيزياء الكوانتم قوانين حاسمة مطلقة ، وإنما هناك قوانين احتمال - فمن غير المستطاع أن نقدر مقدما الظاهرة الفردية ، ولكن إذا أخذنا عددا كبيرا من الظواهر الأولية وأخضعناها لقوانين احصائية دقيقة تصف تلك الظواهر فى مجموعات لأن الحوادث تقوم دائما فى مجموعات لأمكننا ذلك من التنبؤ الدقيق .

وقد تظهر لنا بعض العلاقات العلية حين نكتشف علاقة بين مجموعتين من الحوادث . يقول لويس دى بروى^(١) : يحق لنا القول بأن عجزنا فى الوقت الحاضر عن تتبع العلاقات العلية والحتمية فى مجال الجسيمات المتناهية فى الصغر يرجع إلى استخدام بعض المعانى الكلية التى ألفناها عن طريق تجاربنا على الأجسام العادية والتى لا تنطبق

L. De. Broglie, Physics and Micro physics. 1954 p.148

(١)

على الجسيمات المتناهية في الصغر ومن الممكن أن تكون هذه المرحلة مؤقّعة - وحتى إن أمكن اجتيازها يوما فسنرى أن أزمة علم الطبيعة المعاصر لم تنشأ بسبب عدم حتمية الظواهر - بل بسبب ما تنطوي عليه وسائلنا التجريبية من ضروب النقص . وهكذا سيدخل علم الطبيعة في طريق مبدأ الحتمية الصحيح .

ويقول دى بروى أيضا : كانت الفيزياء الكلاسيكية تقودنا إلى وصف موضوعي للعالم الخارجى - لكن فيزياء الكوانم لم تعد تقودنا إلى هذا الوصف الموضوعي وإنما تمدنا بشيء عن العلاقة بين حالة العالم الخارجى ، ومعرفة كل باحث أو راصد وهى علاقة أصبحت لا تعتمد على العالم الخارجى وحده ، بل وأيضاً على المشاهدات والقياسات التى يجربها الباحثون ، وهكذا يفقد العلم جزءاً من طابعه الموضوعي ولم يعد العلم تأملاً لكون ثابت ، إنما أصبح قدراً معيناً من معلومات معينة هى دائماً جزئية يفهمها الباحث وتسمح له بأن يتبأ تنبؤات ناقصة وليست إلا « محتملة الوقوع » ، وهذا ما تقودنا إليه نظرية الكوانم ، وقد جعلت العلم البشرى أقل موضوعية وبالتالي قد جعلته أقل حتمية مما كانت عليه الحتمية الكلاسيكية^(١) .

لقد كانت حتمية العلم الطبيعي الكلاسيكى تسلم بإطراد صارم لا يحض عنه للكون الفيزيائى في إطار « الزمن - مكان » ثم أدخلت النسبية تصورها لكل حوادث الكون في « زمكان » - احتوى بهذا الشكل كل الماضى والحاضر والمستقبل فكيف تستطيع الفيزياء التى لم تعد تعرف حقيقة موضوعية مطلقة ، ولم تعد تعرف كيف تعطى شيئاً على الإطلاق سوى العلاقات بين الباحث وما يرصد من مشاهدات ووقائع والتى لن تصل إلى صورة موضوعية كما يتطلب الوصف الحتمى للظواهر .

ننتقل إلى هيزنبرج وما يعنيه . لماذا تعجز تجربة القياس عنده وعند كل الباحثين عن تحديد الوضع المكاني للالكترون المفرد أو تحديد سرعته في أى لحظة ما . إن مبدأه لا يستطيع تحديد كلا من الوجهين الهندسى والديناميكى بدقة تامة لحقيقة الظاهرة الفيزيائية - موضع الدراسة بينما كانت تزعم الفيزياء النيوتونية دون مناقشة أن ذلك مستطاعاً .

يؤكد العلماء المعاصرون أننا حين نأخذ الالكترونات كمجموعات يمكن قياس الظواهر الفيزيائية وصياغتها في قوانين احصائية احتمالية قادرة على التنبؤ بحوادث تحت شروط معينة تحددها المعادلات الرياضية التفاضلية .

(١) نفس المرجع السابق ص ١٥٢

خلاصة الرأي

أن ظواهر كلا من الفيزياء النووية والفلكية بها اطراد وتكرار ثابت ودائم - أو حوادث هذه الظواهر تخضع للقوانين الإحصائية رغم أن نتائج القياسات التي تقوم عليها معرفة الباحث سوف لا تصف الكون الفيزيائي كما هو ، بل كما يعرفه ذلك الساحر وفق تجارب تسلم بانحرافات غير معلومة ولا قبل له على التحكم فيها ، وعلى ذلك لن يتعين على الفيزياء أن تصنع هدفا لها أن ترسم القوانين العامة للكون مستقلة عن أولئك الذين يدرسونها ويجب أن يفتن بدور أكثر واضحا ، وهو تقديم المعرفة التي أستطاع الحصول عليها كل فيزيائي ، وأن تذكر أية تنبؤات تسمح له هذه المعرفة بالتنبؤ بها ، في شئون الظواهر المقبلة - ولا شك أننا أصبحنا لا نستطيع في فيزياء النسبية أن نتناول المكان والزمان كل على حدة ، أو أن نخلع طابعا كويا . ومما سلف نجد العلماء والفلاسفة بعيدون عن الاجماع على رأى قاطع في الحتمية للعلماء تجاربهم ومعادلاتهم الرياضية وأقوالهم شهادة . قد نلتبس منها التأييد أو المعارضة أو ما بينها من درجات التطرف والاعتدال - أما الفلاسفة أخصائيو الفكر وأصحاب الرأي والأعتقاد بما لديهم من اختصاص في الفلسفة والتفكير - ففى أقوالهم ما يررر الحتمية ليست الحتمية المطلقة - ولكن الحتمية المعتدلة دون تجاوز لخيال العقل ومعرفة العلاقات العلية فمرد هذا التجاوز في عقل الإنسان هو خداع التجاوز في المكان والتالى في الزمان . « فالزمكاني » حرى اليوم أن يغير كثيرا من هذه التصورات وأن أغلب العلماء المعاصرين يتخذون الحتمية المعتدلة مبدأ ، خاصة وبعد الاكتشافات التي مازالت تتوالى تدعمها القوانين الاحصائية الاحتمالية ، التي توفر التنبؤ الدقيق مع السماح أحيانا باستثناءات قد تكشفها قوانين العلم في الغد القريب . فالجديد في العلم تتحكم فيه المعادلات والمعامل بعيدا عن أبراج الفلسفة ، التي تسلطت في مجراها القديم والحديث على تصورات الحياة اليومية ، وعليها اليوم تجديد معطياتها وتصوراتها في رمى النسبية لكي تتجه نحو المعرفة الصحيحة بالعالم وتحديد الصلة بين الكون والانسان . على مر الزمن ، إذ من الضروري بشكل ما أن نفرق المكان والزمن في متصل رباعي الأبعاد . (زمكان أينشتين أو كون منكوفسكى) حيث يفصل كل باحث راصد وفق طريقته الخاصة مكانه وزمنه ، ولكننا سوف نحدد دائما في هذا المتصل بدقة موقع كل « الحوادث » التي يكون مجموعها قصة العالم الفيزيائي - سوف تكتب إذا كل حوادث الماضي والحاضر والمستقبل في هذا الإطار من الزمكان وسوف يراها كل باحث راصد تتابع واحدة بعد الأخرى كل في حاضره الخاص وفقا لقوانين صارمة تفسرها معادلات رياضية مجردة

الفصل الثالث الصدفة والاحتمال

مقدمة

- الصدفة عند بعض العلماء في العصر الحديث .
- الصدفة في الفيزياء المعاصر « احتمال » .
- الصدفة والضرورة والاحتمال .
- خلاصة الرأي .

الفصل الثالث الصدفة والأحتمال

يقول أرسطو عن بعض المفكرين السابقين عليه إما منكر لوجود الصدفة أو قائل بها على نحو عامض ، أما المنكرون فانهم إنما يفعلون ذلك لأعتقادهم أن كل ما عزوه إلى الصدفة والتلقائية نه علة محددة فالذهاب إلى السوق مثلا بالصدفة ومقابلة إنسان رعب في لقائه ، وإن يكن هذا اللقاء غير متوقع ، أمر يرجع إلى رغبة المرء في الذهاب إلى السوق والشراء منه . وهكذا في كافة الحالات التي تعزى إلى الصدفة سجد دائما أن لها علة . ولهذا ذهب بعض المفكرين إلى إنكار الصدفة على هذا الأساس . ولكن على الرغم من ذلك هناك أشياء كثيرة منشؤها ووجودها بالصدفة ، مع معرفة كل إنسان أن كافة هذه الأشياء يمكن أن تعزى إلى علة . ولهذا رأينا بعض المفكرين يذهب إلى القول بأن بعض هذه الأشياء تنشأ بالصدفة وبعضها لا صلة لها بالصدفة .

ويؤكد أرسطو أن الفلاسفة الطبيعيين لم يجعلوا الصدفة من بين طائفة العلل التي كانوا يسلمون بها مثل الحب والكراهية والعقل والنار أو ما شابه ذلك ، ويعلم بأنه إما لحسابهم أنه لا وجود لشيء اسمه الصدفة أو اعتقدوا بوجودها ولكنهم توقفوا عن ذكرها^(١) . فمثلا أنباد وقليس يذكر بأن الهواء لا ينفصل دائما في المناطق العليا بل قد يحدث ذلك صدفة ، ويقول كذلك في نظرية نشأة الكون بأنه قد حدث أن كانت تسلك هذا السبيل في ذلك الوقت ولكنها كثيرا ما تسلك غير هذا السبيل . وفي هذه الكلمة الأخيرة التي ساقها أرسطو عن أنباد وقليس يتضح في الواقع معنى الصدفة عنده بالطريقة التي يريدها أرسطو ، ذلك لأن أرسطو كما سنرى يميز مفهوم الصدفة - وإن يكن تمييزا لما صدقاتها في الواقع على أساس ما لا يحدث دائما ، ولهذا كانت إشارة أنباد وقليس هامة لأرسطو ، لأنها تحدد جانبا للصدفة ، وهو إن يكن تحديدا عابرا لا يجعل الصدفة علة ، إلا أنه من الجائز أن يكون قد فتح لأرسطو أفقا استفاد منه استفادة طيبة في نظريته ، يذكر أرسطو بعد ذلك أن أنباد وقليس قال : بأن معظم أعضاء الحيوانات نشأ بالصدفة ، وهذه النصوص التي يسوقها أنباد وقليس تتركز في الحقيقة حول مدلول معين للصدفة باعتبارها صفة لشيء لا يحدث دائما ، وليس في كل الأحوال ، سواء أكان ذلك انفصال الهواء أو نشأة أعضاء الحيوانات

ينتقل أرسطو بعد ذلك في عرضه التاريخي إلى مفكرين آخرين ، يذكر ديموقريطس ، وأرسطو بالطبع يشير إلى الدريين عامة

(١) محمود أمين العالم فلسفة المصادفة مكتبة الدراسات الفلسفية دار المعارف ١٩٦٩ ص ٥٠

يقول أرسطو : هنالك مفكرون آخرون يعزون هذه المنطقة السماوية وكافة العوالم إلى التلقائية ويقولون بأن الحركة الدائرية المستمرة أو الدوامية تنشأ نشأة تلقائية ، والدوامية هي الحركة التي فصلت ونظمت كل ما هو موجود . ويبدى أرسطو دهشته لهذا القول لأنهم يقولون به على الرغم من أنهم يؤكدون أن الصدفة غير مسؤولة عن وجود ونشأة الحيوانات والنباتات ، إذ أن الطبيعة أو العقل أو ما شابه ذلك هو علتها .

وينسب إلى (لوقيوس) أنه قال : لا شيء يحدث بطريقة عشوائية ، بل كل شيء يحدث بعلة وبالضرورة^(١) . فالضرورة عند لوقيوس إذن هي علة حركة الذرات^(٢) وهي ليست قوة تعسفية وإنما هي العملية الطبيعية للعلة والمعلول . فالذرات إنما تتحرك بحسب قوانين وجودها نفسه ، ولم تعد الدوامية نفسها عنده بغير علة ، أو شكلا من أشكال الحركة التي تفرض من الخارج ، بل واحدة من أشكال الحركة المتعددة ، التي تنجم بطريقة طبيعية عن الحركة الذرية الحرة . فالضرورة عند لوقيوس هي المظهر الطبيعي للعلة . وفي ضوء هذا سنتبين لنا الدلالة الحقيقية للضرورة عند ديموقريطس . الضرورة هي الفكرة الأساسية في بناء فلسفة ديموقريطس ، فكل شيء مقدر من قبل بالضرورة ، كل شيء كان وكل ما هو كائن وكل ما سوف يكون ، فالختمية تسود كل شيء كميبدأً أساسى لطبيعة الكون نفسه . كذلك لا شيء يحدث بالصدفة وإنما كل شيء علة محددة .

هنا نعود إلى أرسطو حيث يأخذ في البحث بنفسه عن الصدفة والتلقائية للمعرفة ، ما إذا كانتا متشابهتين أو مختلفتين وكيف يدخلان في تقسيمه للعلة . يبدأ أرسطو بحثه بميزا بين أشياء تحدث على وجه واحد دائما وأخرى تحدث في غالبية الأحيان . ويستبعد مباشرة أن تكون الصدفة علة هذين الصنفين من الأشياء ذلك لأن ما يحدث نتيجة للصدفة لا يمكن أن يتأثر مع أى من هذه الأشياء التي تحدث بالضرورة ودائما ، أو في معظم الأحيان ، وهناك صنف ثالث من الأشياء لا يتكلم عنه بادية ذى بدء بل يذكره فحسب أنه هو الذى يعزى إلى المصادفة . ويترك هذه النقطة مؤقتا . وينتقل إلى مسألة أخرى ، هي أن هناك أشياء لغرض معين ، وأشياء لا تكون ، ثم يذكر أن الأشياء التي تكون لغرض معين ، يندرج تحتها كل ما يتحقق نتيجة للفكر أو الطبيعة ، والأشياء التي من هذا القبيل أى التي تكون لغرض معين عندما تتحقق بطريقة عرضية يقال عنها أنها بالصدفة وعلى هذا يمكن القول بأن الصدفة هي تحقق قصد تحققا عرضيا غير مقصود ولو ربطنا النقطة الأولى لهذه النقطة الثانية لقلنا أن الصدفة ليست ما يحدث بالضرورة ودائما ، أو في

(١) د. عبد العظيم أنيس الحضارات القديمة واليونانية دار الكاتب العربى ١٩٦٧ ص ٨٥

(٢) د. محمد على أبو ريان تاريخ الفكر الفلسفى الفلسفة اليونانية ص ٩٣

معظم الأحياء ، وإنما هي صنف ثالث غير هذين ينحرف في صورة مقصودة بطريقة عرضية .

الصدفة إذن كما يقول أرسطو علة عرضية وإن تكرر في مجال تلك الأفعال التي تتحقق بغرض معين وتتضمن القصد وهكذا تتضح أماننا الصدفة عند أرسطو بمسحة غائية بارزة . إلا أن أرسطو مع جعله الصدفة علة عارضية فقد أشار إلى أن من الضروري أن تكون علل الأشياء التي تحدث بالصدفة عللا غير محدودة ، وهذا ما يدعو إلى اعتبار أن الصدفة تنتسب إلى صنف اللا محدود وأنها بعيدة المنال على الإنسان ، ذلك أن الأشياء التي تحدث بالصدفة تحدث عرضا ، لأن الصدفة نتيجة لعلل عارضة والعلل العارضة علل غير محدودة ، فالصدفة من ثم غير محدودة . ويؤيد ذلك تفرقة أرسطو بين الصدفة والتلقائية . فأرسطو يقصر الصدفة على القادرين على القصد والتدبير فالجماد والحيوانات الدنيا ، والطفل ليس في مقدورها القيام بأى شيء بالصدفة لأنها غير قادرة على القصد المريد ، ولهذا كان من الطبيعي أن يقول أرسطو أن الصدفة قد تقع بالضرورة في مجال الأفعال الأخلاقية ، ويعد كل ما ليس بقادر على فعل أخلاق ليس في مقدوره أن يفعل شيئا بالصدفة . أما التلقائي فيتحقق للحيوانات الدنيا والكثير من الأشياء الجمادية فنحن نقول أن حصانا قد أقبل تلقائيا لأنه على الرغم من أن قدومه قد نجاه فإنه لم يقدم بقصد النجاء . وهكذا نجد أنه سواء في الصدفة التي تتحقق في المجال الأخلاق ، أم التلقائية التي تتحقق في المجال المادى ، لا يقف الأمر عند حدود العلة العارضة وإنما لا تتم الصدفة أو التلقائية إلا بتحقيق القصد غير المقصود .

نستخلص من عرضنا لنظرية أرسطو أن الصدفة لا تنتسب إلى صنف الأشياء التي تتحقق بالضرورة ودائما أو في معظم الأحوال ، وإنما إلى صنف ثالث يتحقق في شكل مقصود بطريقة عرضية ، الصدفة والتلقائية إذن علتان عرضيتان لمعلولات يمكن أن تنجم عن القصد والتدبير ولهذا يمكن القول بأنه على الرغم من أن أرسطو جعل الغائية في مقابل الصدفة ، إلا أنه عزا إلى الصدفة مظهر الغائية .

الصدفة عند بعض العلماء في العصر الحديث :

إن تاريخ العلم به بعض الأحداث التي وقعت ووصفت عند الحديث عنها بأنها مصادفة ، نذكر منها على سبيل المثال :

- ١ - كشف لويجي جلغافى ' Luigi Galvani للكهرباء الاستاتيكية عند نشره لصمدع
- ٢ - اكتشاف الأشعة السينية أو أشعة « رونتجن » و أنبوبة التصريع عند دراسته لتيار الالكترونات في
- ٣ - اكتشاف اللورد « رالى » L. Rayleigh للغازات النادرة بفضل مضامه جهوده مع جهوده العالم الأمريكى هيلبراند Hillebrand بعد بحوث دامت ثلاثين عاما
- ٤ - اكتشاف العالم الانجليزى براون Brown لظاهرة الحركة البراونية لأى معلق تحت الميكروسكوب وأن اهتزاز المعلق طبيعة باطنية^(٢) لا تخضع لأى تأثير خارجى .

مما سبق ذكره عن بعض الكشوف العلمية التى اقترنت بحوادث إتفاقية أو بما سمي بالصدفة لم يكن العلماء يحصلون على نفس النتائج بالضبط فى كل مرة تجرى فيها التجارب سواء كانت مجرد قياس بسيط جداً ، أو كانت التجربة شديدة التعقيد - ذلك لأن التجارب لا يمكن أن تبلغ حد الكمال ، وكذلك الحال فى القائمين بها ومن هنا فان القياسات التى تجرى لابد أن تتفاوت قليلا من مرة إلى أخرى ، رغم كل ما يبذل من محاولات من أجل الاحتفاظ بثبات شروط التجربة ، وقد تكون بعض الفوارق الضئيلة فى النتائج راجعة إلى الصدفة وحدها . غير أن بعضها قد يكون أخطاء هامة ناتجة عن خطأ فى الطريقة الفنية أو عدم كفاية الضوابط أو أية عوامل أخرى . وإذن فنحن فى حاجة إلى وسيلة نحدد بها إن كانت الفوارق التجريبية نتيجة الصدفة أو لها دلالة حقيقية .

الصدفة فى الفيزياء المعاصرة « احتمال »

تستخدم الأبحاث العلمية الحديثة التحليلات الإحصائية ويمكن حساب احتمال كون النتائج التجريبية مجرد حوادث إتفاقية أو ناتجة بالصدفة .

والإحصاء هو دراسة رياضية للأحتمال ، وهو أداة فعالة للعلم إلا أن التحليل الإحصائى لا يستطيع أن يفسر لنا التجارب - وكل ما ينبغى به هو مقدار احتمال تفسير النتائج أصلا ، هذا شئ له أهميته حيث يجعل لدراسة الصدفة أهمية بالغة فى العلم .

(١) هو « جلغافى » الطبيب والفسولوجى الإيطالى (١٧٣٥ - ١٧٩٨) ولد ومات فى بولونيا ، عين أستاذا للتشريح فى جامعة بولونيا عام ١٧٦٢ واشتهر بالتشريح المقارن ، ولكن شهرته تركزت على نظريته فى الكهرباء الإستاتيكية الحيوانية

(٢) فى سنة ١٨٢٧ لاحظ عالم فسيولوجيا النبات الانجليزى براون Brown وهو يستخدم ميكروسكوبه بأن بعض الجزيئات المكونة لأى معلق فى الماء Suspension فى حالة اهتزاز دائم ، ويتحقق ذلك عند استخدام أى سائل غير الماء

ولقد أصبح لحساب الاحتمالات أهمية في محار الميزياء الذرية ، النووية حيث يضطر العلماء في مآونهم هذه الحسيمات المتناهية في الصغر إلى التحل عن أفكار العلية المطلقة كما يصعب كشف العلة ، معلول أو قياسهما ، فإن النشاط العشوائى Random activity أو الاتفاق المخصص ، يبدو هو التفسير الوحيد الذى يسمح بوضع مفاهيم ناجحة عمليا ، باستخدام أسلوب التحليل الأحصائى الذى يتيح للباحثين وسيلة لتحديد دقة القياسات والدلالة المحتملة للفوارق التى نجدها في التجارب في الحوادث المشاهدة للظواهر الطبيعية كل الشواهد تدل على أن الحادث الواحد يؤدي إلى الآخر ، مما يتيح ظهور سلسلة من الحوادث Chain of events ، هى سلسلة علل ومعلولات يعرفها أولا يعرفها الباحث ، ففى تفاعل كالذى يحدث في القنبلة الذرية تكون سلسلة الحوادث ما يسمى بالتفاعل المتسلسل Chain reaction ، فإذا انشطرت فجأة نواة ذرية كبيرة غير مستقرة^(١) كنواة اليورانيوم ، يقفز جسيمان سريعان بعيداً عن النواة فإذا اصطدم واحد من هذين الجسيمين السريعين بنواة يورانيوم جديدة ، أدى ذلك إلى انشطار هذه النواة ، فيترب على ذلك انطلاق جسيمين آخرين بسرعة . وهكذا فإن كل جسيم من هؤلاء يمكن أن يؤدي إلى انطلاق جسيمين آخرين . فإذا كانت هذه الجسيمات مكندسة في تنظيم محكم للمادة ، بحيث أن قليلا منها هو الذى يخفق في الاصطدام بنواة ، فإن ذلك يؤدي إلى بدء حدوث تفاعل متسلسل يؤدي إلى إطلاق طاقة هائلة يمكن قياسها كمياً .

قد يتوهم المرء أن عنصر الصدفة له دور محدود أو ليس له دور على الإطلاق في تفاعل متسلسل كذلك الذى تتضمنه الانفجارات النووية ، فما أن يبدأ سير التفاعل حتى يستمر إلى أن يكتمل بوصفه سلسلة محكمة تماماً من حوادث العلة والمعلول . قد يؤدي هذا إلى الاعتقاد بأن الحوادث الطبيعية يمكن تقسيمها إلى تلك التى تحدث بالأحتمال وتلك التى تحدث بالعلة والمعلول - لكى ندرك كيف يرتبط النوعان تحت مفهوم الاحتمال مع استحالة التنبؤ بالوقت الذى ستتفكك فيه أية ذرة بعينها ، ولكن من الممكن التنبؤ بالمستوى العام للإشعاع الذى يحدث في قطعة من الراديوم أو اليورانيوم مؤلفة من ملايين الذرات . وإذن فليس المحلل الراديوم تفاعلا متسلسلا ، وإنما هو سلسلة من الحوادث

(١) Dampier, W., A History of science. 3 rd ed Cambridge Univ. Press 1942 p.235

(٢) Pollard, E & Davidson, Applied nuclear physics. John wiley & sons New York 1942

المستقلة^(١) ولا بد أن تكون التنبؤات التي تقوم بها مبنية على حساب الاحتمال . ولهذه التنبؤات دقة إحصائية كبيرة - ومرد دقتها وإحكامها إلى أنها تنطوي على كثير من الحوادث ذات الاحتمال المتساوي فكلما ازداد عدد الحوادث ، كان سلوكها أكثر اتفقا مع ذلك الذي نتنبأ له على أساس الاحتمال . فمن الثابت أن الدرات والحزيمات في حركة مستمرة ، وكلما ازدادت الطاقة الحرارية التي تضاف إلى النظام الذي توجد فيه ، كانت حركتها أسرع وأن حركة الجزيئات لتبدو عشوائية إذ أنها تتصادم بعضها البعض ، ثم تتباعد في اتجاه وبسرعة تتوقف على الطريقة التي تصادف أن اصطدمت بها ، فكل اصطدام وتباعد هو حادث منفصل يبدو نتيجة لأسباب ، ولكن حيث تكون هناك ملايين عديدة من الجزيئات يتحرك كل منها في اتجاهات مختلفة فإن الحاصيلة النهائية تكون مبنية على الاحتمال .

إن القوانين التي تحكم حركة جزيئات الغاز تحت تأثيرات الحرارة والضغط والحجم مبنية كلها على الاحتمال . الواقع أن ما يحدث في أى وعاء يحوى غازا ، يمكن أن يفسر بأنه متوسط إحصائي من بين عدد كبير جدا من الحوادث المستقلة - شأنه شأن ما يحدث في إطار السيارة المنفوخ - ولما كانت جزيئات الغاز لا تختلف كثيراً عن غيرها من الجزيئات فإن ما يحدث في الأجسام المادية الأخرى يمكن أن يفسر بدوره على أنه حوادث اتفافية يمكن إحصاؤها بحساب الاحتمالات^(٢) .

في حالة التفاعلات الكيميائية عندما تصطدم الجزيئات فإنها قد لا تتباعد ، وإنما يحدث تأثير متبادل من نوع ما ، وقد تبين أن معظم التفاعلات الكيميائية إن لم يكن كلها يكون وصفها على أساس الاحتمالات أفضل بكثير من وصفها على أساس العلية ، لأن ما يجب أن نفعله عند إجراء تفاعلات كيميائية هو تهيئة الشروط الفيزيائية اللازمة لحدوث عدد كبير من التفاعلات بين الجزيئات في وقت قصير ولكما ازداد احتمال التفاعل - حدث التفاعل الذي نريده بمزيد من السرعة والفعالية .

إذا حاولنا تتبع علاقات العلية داخل جسيمات التفاعل لن يكون مآل المحاولة إلا

(١) Sullivan, J.W., *The Bases of modern science*. Pelican Books 1939 p.118

(٢) لقد نجحت النظرية الحركية للغازات وبفضل الميكانيكا الاحصائية في الاطاحة بعدد كبير . من الخواص الممكن مشاهدتها للمادة في حالتها الغازية أو في حالاتها الجامدة والسائلة - فتوصل العلماء إلى تفسير رائع وقيم لحساب الكمية الديناميكية الحرارية ودرجة التعادل ، راجع الفصل الثاني من البحث

الإحفاق . فأى محاولة للملاحظة أو قياس ما يحدث بين الالكترونات وغيرها من الجسيمات الذرية المتناهية في الصغر تتضمن عنصراً من عدم اليقين لا مفر منه وسبب عدم اليقين هذا هو أن الأدوات التي نستخدمها للقيام بالملاحظات تؤدي إلى بعث الإضطراب في نفس العلاقات التي نحاول قياسها وهذا النوع من عدم اليقين يؤدي إلى ضرورة استخدام حساب الاحتمال بالأسلوب الإحصائي^(١) . لقد تأكد للعلماء أن الحركة البروانية والنظرية الحركية للغازات وظاهرة النشاط الإشعاعي ، كتلة موحدة من الظواهر التي لا يمكن تطبيق القوانين الكلاسيكية عليها ولا يحددها إلا المنهج الإحصائي . وهكذا يبدو الأمر لو تعقبنا علاقات الصدفة أو الاتفاق عبر جميع أنواع الظواهر الطبيعية ، وعندما نصل إلى الكيانات الذرية والنوية وما يماثلها نجد الباب موصداً من الداخل . لأنها تمثل موقفاً ميتافيزيقياً وليس علمياً . كما أن فكرة الصدفة مما لا يمكن أخبطاره تجريبياً أو قياسه وبالتالي لا يمكن أن تصبح جزءاً من العلم الطبيعي . قد تصبح الصدفة مجرد طريقة في التفكير كجزء من نسق موضوعي للمعرفة الفيزيائية .

إن من المشكوك فيه أن يكون أى كشف علمي قد تم بالصدفة ، صحيح أنه قد تحدث ملاحظة نتيجة لحادث عارض ، غير أن الملاحظة ليست صدفة وإنما هي نتاج لذهن متأهب ويقظ . وقيمة الملاحظة إنما تكون بالنسبة إلى الفرض والتجربة والاستنتاجات التي تعقبها ، وإذن فليس للصدفة في العلم الطبيعي دور ذو شأن . القصة إذن تمتد في حقيقتها إلى الخطوات المألوفة في المنهج العلمي وهي الملاحظة والتجربة والاستنتاج وليس ثمة صدفة فيها .

لقد أصبح الأساس الآن لكل التفسيرات الفيزيائية هو حساب الاحتمال . والاحتمال هنا قائم على الإحصاء الرياضي المتضمن لفكرة الصدفة - والصدفة هنا تقابل العلية - فهي هذا ليست بمعنى شيء يحدث لا تعرف علته ، وإنما تعني تقديراً كمياً رياضياً محدداً لوقوع الأحداث . وبذا تصبح الصدفة لا مجرد عبث وإنما تقترب من التعبير المحسوب رياضياً - وتساعدنا قوانين الاحتمالات بهذا المعنى على التفسير والتنبؤ . هذا الموقف لتصور القانون الاحتمالي لم يبدأ عند الكوانتم وإنما نجده في نظرية مكسويل وفي النظرية الحركية للغازات وقانون بويل وقوانين بلانك في انبعاث الطاقة وفي كل التفاعلات الكيميائية . على الرغم من النجاح البالغ الذي أصابه حساب الاحتمالات من الناحية التطبيقية في الفيزياء المعاصرة وفي العلوم

Eddington, Sir Arthur, *The nature of physical world*. Macmillan Co., (١)
New York 1933

حيث يحوى الباب الرابع عرضاً شائفاً لمعنى الاحتمال في النظرية الحركية للغازات وإمكانية التوصل إلى حساب كمية الطاقة الحرارية .

الطبيعية البيولوجية (الفيزيولوجية والكثيرولوجية) وى غير ذلك من أوجه النشاط العلمى فإن الخلاف ما زال حول تفسيره سليما ، وحول دلالاته الحقيقية ، ولاشك أن أحد الأسباب الداعية إلى هذا الخلاف ، وضع حساب الاحتمالات نفسه فى منطقة يبيه (وسطى) بين الرياضيات والعلوم التجريبية حتى يقال عنه أن التجريبيين يتصورونه نظريه من النظريات الرياضية على حين أن الرياضيين يتصورون أنه واقعة تجريبية

كان الاحتمال معروفا عند الفلاسفة فى الفيزياء الكلاسيكية على أساس أن قوانين العلوم ليس لها يقين الرياضيات والمنطق ، هى احتمالية لكن حين نقر الاحتمال بالاعتقاد بالحتمية ، ترتفع درجة الاحتمال كما كانوا يعرفون أن حركة كل جسم بشكل مضبوط تحددها مسبقا القوى المؤثرة عليه ، كما أن وضع الجسم وسرعته فى أى لحظة زمنية - بعد ثانية أو دقائق أو سنين ، ممكنة التحديد إذا ما عرفت القوى ووضع الجسم فى اللحظة التى بدأ منها حساب الزمن . وفى الفيزياء الحديثة والمعاصرة فإن الحركة البروانية Brownian motion ، والنظرية الحركية للغازات والقانون الثانى للدناميك الحرارية والتفاعلات المتسلسلة للعناصر الأشعاعية وبعض الظواهر الأخرى الخارجة على الفيزياء التقليدية والتى تتميز بأنها لا تقبل التحديد الفردى لعناصرها وإنما تتحدد بالمنهج الاحصائى وحساب الاحتمالات .

وكانت هذه الظواهر هى بداية الاهتمام العلمى بظاهرة المصادفة كمشكلة فلسفية . كان يظن أنها متضمنة فى موضوعات واكتشافات العلوم الطبيعية . يعتقد أينشتين فى عنصر الصدفة بالمعنى الرياضى الاحصائى والذى يمكننا من الوصول إلى حساب الاحتمال ، فالقوانين الاحصائية عند أينشتين تؤكد الاطراد والنظام فى الكون الموضوعى من ناحية وجوده . ولذلك كان بجاهر بواقعية وموضوعية العالم الخارجى مستقلا عن وسائل إدراك الانسان له . وأنه لا ذاتية فى معرفة هذا العالم

وعلى هذا فإن استخدام الاحتمال فى تحديد هذه الظواهر ليس عجزا انسانيا عن متابعة العناصر الفردية بقدر ما هو طوعية لما تتمايز به هذه الظواهر من تداخل وتشابك وتغاير لا ينقطع . وإنه لمن المفيد أن نفحص الفكرة الشائعة بين الناس عن أن كثيرا من الكشوف العلمية قد ظهرت بمحض الصدفة وما أصدق « سبينوزا » حين قال : « ان القول بالمصادفة اعتراف بنقص المعرفة »^(١)

المصادفة والضرورة والاحتمال

يقول أستاذنا الدكتور ركنى حبيب محمود أن المصادفة والضرورة كلمتا متضادتان ،
(١) د توفيق الطويل أسس الفلسفة ص ٢٠

بمعنى أن الواحدة مهما لا تفهم إلا مقروية بالأخرى ، فمعنى المصادفة لا يتبين إلا بالنسبة إلا معنى الضرورة والعكس صحيح كذلك .

الصدفة هي أول مفهوم تناولته نظرية الاحتمالات بالبحث على يدى « باسكال » فى النصف الثانى من القرن السابع عشر .

تكون العلاقة بين شيئين « أ » و « ب » من حيث ضرورة الاتصال أو المصادفة إحدى الحالات الثلاث الآتية :

- ١ - أما أن تقتضى « أ » « ب » بالضرورة - مثال ذلك أن صفة البياض فى الشيء تقتضى أن يكون ذلك الشيء ممتدا يشغل حيزا من الفراغ .
- ٢ - وإما أن « أ » تستبعد « ب » بالضرورة : مثال ذلك أن صفة البياض فى الشيء تستبعد أن يكون أخضر فى الوقت نفسه .
- ٣ - وإما وجود « أ » لا يعنى شيئا بالنسبة لوجود « ب » : مثال ذلك صفة البياض فى الشيء وصفه بكونه مربعا .

فى الحالة الأخيرة « أ » لا هى تقتضى بالضرورة وجود صفة « ب » ولا هى تستبعد بالضرورة وبعبارة أخرى أن وجود « أ » مع وجود « ب » فى مثل هذه الحالة يكون مصادفة .

من هذا التعريف لكلمة « مصادفة » يتبين بوضوح أنها كلمة لا تفهم لها معنى إلا بالإضافة إلى سواها فلا معنى للقول أن « ب » من فعل المصادفة إلا إذا نسبناها إلى « أ » وإذا قال قائل عن شيء ما أنه حدث بالمصادفة ، كان بمثابة من يقول : أنه بالنسبة لما أعلمه .

وهذا المعنى النسبى لكلمة « مصادفة » يبين لنا خطأ الذين يقابلون بين المصادفة والحتمية مقابلة الضديين ، فالقول أن ب مصادفة ، ليس معناه أنها كذلك فى كل الظروف وبالنسبة لكل شيء على الإطلاق بل معناه أنها مصادفة بالنسبة لشيء آخر « أ » لكنها فى الوقت نفسه قد تكون محتومة بالنسبة لشيء ثالث « ج » .

إن المصادفة لا تتنافى مع الحتمية إلا إذا كان كل حقائق الوجود وحوادثه مستقلة احداها عن الأخرى ، ولكن الواقع غير ذلك - إذ من حقائق الوجود ما يقتضى بالضرورة حقائق أخرى ، وإذن المصادفة والحتمية لا يتناقضان ، أى أن الحادثة الواحدة المعينة قد تكون مصادفة بالنسبة لشيء ، وحقيقة بالنسبة لشيء آخر .

(١) د. زكى نجيب محمود : المطلق الوضعى - الانجلو ١٩٦١ ص ٣٣٨

خلاصة الرأي :

الصدفة في اللغة تعني ما يجده الإنسان فجأة ودون توقع - صادفت فلانا وجدته دون احتساب أو توقع . قد تصور اكتشافات العلم أحيانا كأنها عمل جاء الناس عفوا ، ووقعت حقايقه بين أيدي الناس مصادفة ، لاشك أن هناك فكرة تشيع بين الناس عن العلم ، هي أن كثيرا من الكشوف العلمية قد ظهرت بمحض الصدفة ونتيجة لهذا يقف الإنسان العادي في الكثير من الأحوال حائرا ينظر لا يدري ما حقيقة الدور الذي تلعبه المصادفة ، أو ما يتراءى أنه المصادفة في تقدم العلم وهذا يصدق على الأخص فيما ينشأ من طرائق للبحث جديدة .

إن بعض الملاحظات التي تأتي فيما يقال مصادفة قد تؤدي إلى أجراء سلسلة من التجارب تؤدي إلى كشف جديدة ، يكاد العلماء المعاصرون يجمعون على أن فكرة الاستثناء أو الصدفة وليدة الجهل بالقوانين ، إذ لا يلجأ المرء إلى تفسير وقوع بعض الحوادث بالصدفة إلا عندما يتبين له عجزه عن تفسير ما يرى . وحينئذ ليست الصدفة إلا مقياسا للجهل أو ظاهرة نجهل بعض ظروفها ، ويدل على ذلك أن ما يعده الجاهل صدفة ليس كذلك في نظر العالم . هناك ظواهر مارلنا نجهل قوانينها ، ولا نستطيع تفسيرها ولا التنبؤ بحدوثها . بهذا المعنى تكون الصدفة مرادفة للجهل . وهناك ظواهر أخرى نعلم شيئا عن شروط وجودها وأنها محتملة الوقوع ، وأنه من المستطاع أن تنبأ على نحو تقريبي من الدقة ، وذلك باستخدام حساب الاحتمالات ، فهو الوسيلة الوحيدة لمعرفة كون النتائج التجريبية مجرد حوادث اتفاقية أو ناتجة بالصدفة ، ولقد أصبح لحساب الاحتمالات أهمية كبرى في مجال العلوم الطبيعية وفي تشكيل المعرفة العلمية خاصة في البحوث المتعلقة بالفيزياء الذرية والفيزياء الفلكية .

عندما يضطر العلماء للتخلي عن العلية لعدم إمكانهم كشف العلة والمعلول أو قياسهما . أحيانا تفهم الصدفة بحسبها طرفا يقابل الضرورة - فالشيء إما ضروري أو حدث صدفة وما يمكن أن يخضع للقوانين يعد ضروريا وما لا يمكن أخضاعه يعد مصادفة أو عرضا والمصادفة والعرض بمعنى واحد^(١) . وكل الأشياء في الكون تنظمها قوانين وإن يكن علمنا بهذا النظام الكوني علما محدودا ، ولهذا فنحن نحزو إلى الصدفة ما شغفت

(١) الصدفة هي التصور المقابل للعلية وهي تعني أن كثيرا من الظواهر والحوادث بلا علل ولا يمكن تفسيرها ويصعب التنبؤ بمقدمها

راجع : د. محمود فهمي زيدان علم الطبيعة المعاصر

(٢) د. فؤاد زكريا : أسبينوزا دار النهضة العربية ص ١١٨

ضرورته عنا ، الصدفة إذن ليست إلا علة وهمية ابتدعها جهلنا هذا إلى جانب أن الوقائع التي نعزوها إلى الصدفة يختلف باختلاف الأزمنة وباختلاف الأفراد - فما هو صدفة عند الإنسان الذي لا يعلم ليس بالضرورة مصادفة عند من يعلم ، وما هو مصادفة اليوم من الممكن أن لا يكون كذلك غدا ، وإذا كانت الصدفة إذن نتيجة لعدم كفاية المعرفة على حد تعبير « أسبينوزا » فانها تختفى كلما زادت المعرفة وكلما اتسع نطاقها وتعمقت جذورها .

يقول الأستاذ « آير »^(١) أن كلمة الصدفة تستخدم لحسب ، للتعبير عن جهلنا بالعلل الحقيقية ، إلا أنه جهل مؤقت - إذ أن استدامة البحث تؤدي إلى إزاحة العناء عن وجه الصدفة واستبعادها بتكشاف علتها وضرورتها المجهولة ، وعلى هذا فليس قانون العلية الكلية إلا تعبير عن محاولة متصلة لتضييق مجال ما يبدو أنه حوادث مصادفة ، وأن الصدفة في الحقيقة لا وجود لها على الأقل وجودا خارجيا موضوعيا ، فهي لا تخرج عن أن تكون أثرا نفسيا - وذلك لأن جهلنا بالعلل الحقيقية للحوادث يؤثر على نفوسنا تأثيراً نعزوه نحن إلى المصادفة - وعلى هذا فهي ليست صفة موضوعية للحوادث ، وإنما هي صفة ذاتية تنشأ لدينا كشعور تستثيره بعض الحوادث تتميز بالفجاءة وعدم التوقع ، ولذا من الممكن إقامة علاقة وثيقة بين الصدفة وكل ما يتجاوز الطبيعة أو ما نسميه بالخارق على الطبيعة أو المعجزة سواء في الطبيعة الخارجية أو في داخل ذواتنا الحية .

الصدفة إذن هي كل دخيل على القوانين والنظام في حدود ما يتركه ذلك في نفوسنا من أستشعار بالفجاءة والتلقائية والجدة ، أو هي المنحنى الجديد المفاجيء الذي تتخذه النفس إزاء التقاء بين ملابسات خارجية كانت أو باطنة .

وأن المصادفة والحتمية لا يتناقضان - إن أى حادثة يمكن أن نصفها بالمصادفة بالنسبة لشيء هي حتمية بالنسبة لشيء آخر .

Ayer, The Foundation of Emprical Knowledge, Macmillan Co., 1940 (١)
p.219

(٢) محمود أمين العالم . فلسفة المصادفة - مكتبة الدراسات الفلسفية دار المعارف ١٩٦٩ ص ٣٤

الفصل الرابع مشكلة الموضوعية والذاتية

- مقدمة
- الموضوعية وأسس البحث العلمى فى العلوم الطبيعية .
- ١ - الملاحظة ترابط مجموعة من الحوادث .
- ٢ - القياس وموضوعية العلم .
- ٣ - التجربة ودورها فى كشف القوانين الطبيعية .
- ٤ - العلاقات الرياضية والقوانين الطبيعية .
- ٥ - النظريات الفيزيائية فروض تتطور .
- ٦ - وحدة الكون والمفاهيم الشاملة فى النظريات والقوانين الطبيعية .
- ٧ - النظريات الفيزيائية ليست لها قداسة وليست مطلقة الصديق .
- ٨ - الذاتية فى العلم .

مشكلة الموضوعية والذاتية

جرت العادة على تقسيم دراسة الفيزياء إلى ميكانيكا وحرارة وصوت وكهرباء ومغناطيسية وضوء^(١) وهذه الفروع كانت بمثابة غرف محكمة الاغلاق تقريبا حتى أوائل القرن العشرين إلا أن استقلالها بدأ في الانهيار - وأصبحت تعتمد في وجودها على ما حققته الفيزياء الذرية والنوية من نشاط - لكي نبرز مشكلة الموضوعية والذاتية في اتجاهات الفكر الفيزيائي المعاصر لا بد من تلمس فكرة موحدة صالحة للبناء عليها - أكثر من مجرد الأحاطة بكل جزء منها بمفرده - كان مجال الطبيعة الذرية والجسيمية للمادة هي أكثر الأفكار ارتباطا وانتشارا في العلم الحديث في توضيح التركيب البنائي المنطقي لعلم الفيزياء . ولا غرابة في تحكمها وسيطرتها على الفكر الفيزيائي الحديث . الذرة فكرة محددة ولكن تركيبها يلازمه الغموض ، لأنه لا يمكن ادراك جسيمات أو دقائق العلم الحديث بالحس المباشر ، ولا يمكن الإلمام بصفاتها إلا بعد تجارب متنوعة كثيرة ، ولكل جسيم خصائص كثيرة مستتبطة ، فالإلكترون وحده ميكانيكية كهربية ضوئية معقدة التركيب ولكنه مماثل من كل الوجوه لكل إلكترون في بلايين بلايين الجزيئات في كل جرام من المادة في الكون .

ان القوانين المألوفة في الدراسات الأساسية للميكانيكا والكهرباء والضوء هي التي مهدت الطرق لاكتشاف الفيزياء الحديثة ووصف جسيماتها أو دقائقها ، وهذه الدقائق هي التي بدورها تسبغ فهماً حقيقياً على تركيب المادة وعلى طبيعة وسلوك كل من الكهرباء والحرارة والضوء بل وعلى الدراسات الأخرى التي جرى العرف على إدماجها في علم الفيزياء .

تتميز العلوم الفيزيائية بثلاث خصائص مجتمعة أولها استخدام منهج البحث التجريبي^(٢) (الاستقرائي) وثانيها اقتصار موضوع دراساته على الظواهر الطبيعية الجزئية وثالثها توصل دراساته التجريبية إلى إصدار قوانين تكشف عن ارتباط الظواهر بعضها البعض الآخر . والكشف عما يقوم بينها من تنابع ودلالات نسبية والصعود إلى إصدار أحكام وصفية موضوعية على هذه الوقائع ، هي قوانين العلم ، وأهم ما يميز هذه الدراسة

(١) Shapley, H; Reading in physical science, George Allen London, 1048 p.301

(٢) يسمى هذا المنهج تقليدياً باسم المنهج الاستقرائي Inductive ، كما يسمى حديثاً باسم المنهج الفرضي Hypothetical ، أو العلمي Scientific .

راجع د. عزمي اسلام مقدمة للفلسفة العلوم مكتبة سعيد رافت ١٩٧٧ ص ٥٠

العلمية النزعة الموضوعية Objectivity ، التى تقتضى اقضاء الخبرة الذاتية والتزام الحيطة واستبعاد الذات Subjectelimination بمعنى توخى النزاهة Disinterestedness والتزام الحيطة واستبعاد الاعتبارات الشخصية كالشهرة أو العقيدة الدينية أو الفكرة القومية وتجريد النفس ما استطاع الباحث إلى ذلك سبيلا . مع صياغة هذه القوانين فى صورة رياضية مجردة تحقيقا لدقة الوصف واختصارا لنتائج الدراسات فى بضعة معادلات رمزية ومن هنا تبدو أهمية الأجهزة والمقاييس المعيارية التى تسجل نتائج البحث .

الموضوعية وأسس البحث العلمى فى العلوم الطبيعية :

المقصود بالموضوعية الابتعاد عن ادخال العناصر الذاتية فى تسجيل الظواهر الطبيعية أحببنا أو كرهنا^(١) ، وحيث أنه لا يوجد سلوك معين ثابت فى البحث العلمى فى العلوم الطبيعية - ولا يوجد كتاب مقدس يتبعه الباحث تعالمة حرفيا ، إلا أن هناك مبادئ أساسية للإجراءات المتبعة فى دراسة العالم الفيزيائى ، وهى المتعلقة بالشئ الملاحظ أو المشاهد (الموضوع) ، وهذه يمكن التعرف عليها ولو بطريقة أولية تحت الموضوعات الآتية :

- ١ - الملاحظة ترابط مجموعة من الحوادث .
- ٢ - القياس وموضوعية العلم .
- ٣ - التجربة ودورها فى كشف القوانين الطبيعية .
- ٤ - العلاقات الرياضية والقوانين الطبيعية .
- ٥ - النظريات الفيزيائية فروض تتطور .
- ٦ - وحدة الكون والمفاهيم الشاملة فى النظريات والقوانين الطبيعية .
- ٧ - النظريات الفيزيائية ليست لها قداسة . وليست مطلقة الصدق .
- ٨ - الذاتية فى العلم .

ليس المقصود من هذا أن المشتغل بالعلم يستخدم هذه الموضوعات كقائمة حساب يعرف بها مقدار تقدمه فى بحثه ، لأنه غالبا ما يكون مشغولا بطور بسيط من أطوار نمو موضوع يحجب عنه فى الوقت نفسه اهتمامه بالأطوار الأخرى المكتملة للصورة .

من الجدير بالاهتمام أن أصف بأسهاب تلك المبادئ الأساسية لتلك الإجراءات العلمية المتعلقة بالناحية التى ترجح كفة الموضوعية للعلم الفيزيائى .

(١) د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ص ١٣٧

١ الملاحظة ترابط مجموعة من الحوادث :

تختص العلوم الطبيعية بظواهر الطبيعة - هذه الظواهر يشترك فيها جميع الناس على السواء ، وتكون في مجموعها ما يسمى بالتجربة الموضوعية ، ووضع حد فاصل بين العالم الموضوعي والعالم الذاتي قد يكون من المسائل الصعبة فيما يسمى بالفلسفة البحثية ، ولكن من النادر أن يصادف المشتغل بالعلم مشكلة من هذا القبيل ، فمن المتفق عليه بصفة عامة أن حواسنا تعمل اليان أعمال الدنيا المحيطة بنا ، وتسمى هذه المعلومات (ملاحظات) أو (مشاهدات) هي التي تسترعى النظر في العلوم الطبيعية ، فالعلم مقصور على وصف الطبيعة خلال الملاحظات ، أما المسائل التي لا يمكن إخضاعها لمظاهر قابلة للملاحظة فهي تخرج عن حدوده مهما كانت شائعة أو أساسية . على أساس هذا التعريف يمكن اعتبار الملاحظة حادثاً أو حوادث تحملها اليان الحواس فهي توجيه الحواس للانتباه إلى ظاهرة معينة أو مجموعة من الظواهر رغبة في الكشف عن صفاتها أو خصائصها توصلاً إلى كسب معرفة جديدة عنها^(١) . وقد تكون الملاحظة خاصة للأدراك الحسي المباشر ، كما قد تحتاج إلى جهاز أو عامل وسيط ، والوسيلة الأخيرة أكثر انتشاراً في علم الطبيعة الحديث ، وقد ساعدت التحسينات العظيمة التي أدخلت على الأجهزة العلمية ، على اتساع نطاق الملاحظة ، بل ضاعفتها مرات كثيرة ، فالمنظار (التلسكوب)^(٢) الحديث يمكننا من رؤية آلاف النجوم الخافتة ، التي لا ترى بالعين ، بل وتتمكن من تصويرها - لن أميز في هذه اللحظات بين المشاهدة المباشرة ، والمشاهدة عن طريق وسيط ، ومعنى ذلك أن وضع جهاز في الطريق لا يؤثر على حقيقة المشاهدة .

عندما كان العلم يحبر ، وقبل عصر الأجهزة والوسائل العلمية ، كانت المشاهدات ترى وتسمع مباشرة ، ولا شك أن حركة الأجسام وتشكيلات النجوم وأوضاع الأجسام الأرضية قد شغلت ذهن المشتغل القديم بالعلم ، وجعلته من باب الروح العلمية يصنف تجاربه ، ويعمم منها ما أمكن تعميمه ولا بد أن يكون قد اتضح له من عمليتي التصنيف والتعميم منذ فجر التاريخ أن هناك علاقات بين مجموعة الملاحظات أو المشاهدات .

٢ - القياس وموضوعية العلم :

ربما كانت أبسط علاقة في الطبيعة هي العلاقة الوصفية بين الملاحظات ، الشمس تشرق ثم تغرب يومياً ، وكل الأجسام تسقط بفعل الجاذبية ، والماء من تلقاء ذاته يجري

(١) نفس المرجع السابق ص ٤٥ - ٤٧

(٢) التلسكوب (المقرب) : اخترعه جاليليو وهو جهاز لتقريب الكيانات البعيدة في حين أن الميكروسكوب هو جهاز لتكبير الكيانات المتناهية في الصغر خاصة في مجال الخلقة .

لاستطراق ، أُلح مثل هذه العلاقات بين الملاحظات أمر معروف ومقبول وشائع لدرجة يصعب معها اعتبارها جزءاً من العلم ، إن الجهود العلمية تسمو فوق مجرد تدوين أوصاف الحوادث واتجاهاتها ، إذ لا بد أن تخضع الملاحظات للقياس وأن تكون هناك أرقام تدل على حجمها ومقدارها

ولطريقة القياس وجهان : أولهما اختيار الوحدة أو المعيار الخاص بنوع الملاحظة ، ثم استخدام طريقة فيزيائية لتعيين عدد يمثل عدد الوحدات التي تشملها الملاحظة ، ومن الواضح أن ذكر الرقم وحده ، دون إلحاقه بوحدة لا معنى له كتقرير عن الملاحظة فهو لا يخرج عن كونه مجرد رمز للعدد ، وعلى ذلك فالمشتغل بالعلم يتخذ كل وسيلة سواء في ميدان العلوم الطبيعية عامة أو ميدان الفيزيائية خاصة ، أن القياس الذي أجراه هو عياري بالمعنى الصحيح ، لا يتغير مع الزمن أو مع تغيير أماكن القياس وحيث أن قياس كل نوع من أنواع الملاحظات قد يحتاج إلى وحدة خاصة به فلا بد أنه يوجد في علم الفيزياء عدد كبير من هذه الوحدات محددة بدقة تبعاً لمعايير اتفق عليها على مر السنين ولقد أستقر الرأي على أن تكون الملاحظات الأساسية المقاسة هي الطول والكتلة والزمن بنظامين أحدهما فرنسي والآخر إنجليزي .

والوحدات الأساسية للقياس في النظام الفرنسي هي السنتيمتر للطول^(١) والجرام للكتلة والثانية^(٢) للزمن ويطلق عادة على هذا النظام اسم نظام سنتيمتر جرام ثانية .

أما الوحدات الأساسية للقياس في النظام الإنجليزي فهي القدم للطول والرطل للكتلة والثانية أيضاً للزمن ويطلق عادة على هذا النظام اسم (قدم / رطل / ثانية) وميزة التمسك بهذين النظامين الفرنسي والإنجليزي ترجع إلى قدرة أى إنسان على اشتقاق وحدات أخرى أكبر أو أصغر كما أن استخدامها ضمان لوضع الوحدة السليمة لأية كمية نصادفها في أية علاقات معقدة بين الملاحظات ، من أمثلة الوحدات المستخدمة في القياس في الدراسات الفيزيائية^(٣) الكهربية الداين Dyne والأرج Erg والأوم Ohm والفولت Volt والأمبير Ampier وغيرها .

(١) المتر = ١٠٠ سنتيمتر ، والسنتيمتر = ١٠ ملليمتر ، والملليمتر = ١٠٠٠ ميكرون

والميكرون = ١٠٠٠ ملليميكرون ، والملليميكرون = ١٠٠٠ ماكروملليميكرون

والماكروملليميكرون = ١٠٠٠ ميكروملليميكرون

(٢) الساعة = ٦٠ دقيقة ، والدقيقة = ٦٠ ثانية ، والثانية = ١٠٠٠ مللي ثانية أُلح

(٣) الداين ، وحدة قياس القوة

الأرج وحدة قياس الشغل أو الطاقة

والداين في القاهرة هو بعينه نفس وحدة القياس المستخدمة في لندن وغيرها ، والداين هو تلك القوة التي تؤدي إلى عجلة «Acceleration» مقدارها سنتيمتر في الثانية في جرام واحد من المادة - من المؤكد أنه لو كان كل باحث أو كل جماعة من العلماء يضعون معايير مستقلة للقياس لدبت الفوضى في العلم ولضاق نطاقه إلى أبعد حد لصعوبة تبادل نتائج الأبحاث الكمية ولذلك فإن نجاح العلوم الفيزيائية في كشف الظواهر الطبيعية بلغ من الصخامة حداً بسبب البناء الهائل من المعارف المقيسة كميًا والتي يسهل تبادلها فينمو العلم وتزداد المعرفة بموضوعيتها . يرجع ذلك إلى وحدة المفاهيم الأساسية في الفيزياء ألا وهي وحدات المسافة والكتلة ووحدات القياس الزمنية .

يحاول المشتغلون بالعلوم قياسها بدقة كلما أمكن ذلك - والأجهزة الفيزيائية الحديثة تساعد في تحديد الفرق بين فترات الزمن حتى لو كان هذا الفرق عبارة عن واحد على المليون من الثانية والموازين الالكترونية يمكن أن تحدد وزن أصغر جزء محسوس من أي مادة بكل دقة .

إن فلاسفة العلم وهم يحاولون تحديد جانب الموضوعية في التفكير العلمي تصادفهم صعاب كثيرة لأنه مادام الإنسان هو نفسه أداة الإدراك بما لديه من أعضاء للحس ومن منطق العقل فكيف يمكن أن يجرد الموقف الموضوع للبحث من ذاته البشرية بكل ما فيها ؟ هنالك حدود ذاتية لما ندركه - مما يجعل الموضوعية المطلوبة ناقصة - لكن هذا لا يمنع من أن نشترط للتفكير العلمي موضوعية بقدر مستطاع البشر وذلك عن طريق التطور العلمي والأرتقاء بالأجهزة العلمية مما يزيد من الدقة في القياس أثناء التجربة والملاحظة . إصطلح فلاسفة العلم على أن الحقيقة العلمية موضوعية بمعنى أن يشارك في إدراكها كل أشخاص الاختصاص - لا ينفرد بها بعض دون بعض بحجة أن لهم حاسة سادسة يتمتعون بها دون سواهم - أو أن لهم بصيرة ينفردون بها ، أو أنهم يدركون الحقائق بقلوبهم قبل عقولهم .. وما إلى ذلك من أقوال .

ويتميز أسلوب التفكير العلمي الموضوعي ، في العلوم المضبوطة المتقدمة مثل الفيزياء بأنها ذات جفاف في مصطلحها . لذا تستخدم الرموز الدالة وحدها دون إضافة يراد بها الإشارة إلى ما يخلج به فؤاد الباحث العلمي - حيث التفكير العلمي نشاط مقصود يهدف

== الأوم وحدة قياس المقاومة الكهربائية

الفولت وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي

الأمبير وحدة قياس شدة التيار

Stanley. D. Beck, The simplicity of science p.116

راجع :

العالم من ورائه إلى دراسة ظواهر معينة بغرض تفسيرها ، والتوصل إلى قوانين عامة تحكم إطرادها ، كما يتصف التفكير العلمى بالدقة والضبط فى العبارات الكمية ، فهى أكثر دقة ومعمار صحتها يتوقف على الأجهزة المستخدمة للقياس^(١)

من أحسن الأمثلة للأجهزة المستخدمة فى القياس الترمومتر - وهو كأداة للقياس عندما اخترعت أثرت تأثيراً هائلاً فى موضوعية الفكر العلمى وفى تقدمه - ما كاد يخرج إلى بحث ذلك الزمن أداة لقياس الحرارة حتى تطورت الأحداث - إن القارىء فى أى كتاب فيزياء عامة يجد فيه حتماً فكرتين علميتين بسيطتين هما الحرارة النوعية والحرارة الكامنة وهما معنيان لا يفهمان إلا فى ضوء علاقة لهما بأداة للقياس تعرف بالترمومتر - إن اصطلاح (فى درجة حرارة) يمكن تلخيص تاريخه الطويل فى سطور فنقول أنه نشأ من المعنى العادى المهم الذى يقع فى نفس المرء إذا هو أحس شيئاً أحر من شئ أو شيئاً أبرد من شئ - فهذه الحاسة التى أودعت الجسم الانسانى فجعلته قادراً على التمييز بين الماء الساخن والماء البارد هى من الأسس التى بنى عليها معنى درجة الحرارة فى قصة تاريخها -

هناك من المشاهدات الإنسانية التى لا تتصل باللمس شاركت فى بناء هذا المعنى ، من ذلك أثر النار الذى يجعل الماء يغلى وأثر النار فيما تمسه من الأشياء ، كأثرها فى صناعة الزجاج وصهر المعادن .

وكذلك اللون الطارىء على الأشياء بزيادة تسخينها^(٢) ، كأن يصير الحديد بذلك أحمر أو أبيض وكل هذه مشاهدات بمعنى النار .

والترمومترات وهى مقاييس هذا المعنى (معنى درجة الحرارة) إن الفكرة التى تربط المعنى الذى نفهمه اليوم من الحرارة بمعنى جسم مادي ، فكرة فى التاريخ عتيقة - فالصورة التى صورها أرسطو عن الكون تلك التى سادت الفكر الأوروبى إلى القرن الرابع عشر تضمنت وفق أسلوبها تلك الظواهر التى ترتبط بمعنى النار ، ومعنى البارد والحار من الأشياء ، ولن أقف هنا لأشرح كيف تتأول عناصر أرسطو الأربعة من تراب وهواء ونار وماء ، لتلتقى بمعنى الغليان والانصهار والتجمد والاحتراق ولو أن أى تحليل

Joad. C. E. M., *Philosophical aspects of Modern science*, unwin, (١)
London. 1943

الأبواب ٨ - ١١ بها عرض لعالمية المعايير المستخدمة فى العلوم الطبيعية

(٢) من تفسير تلك الحقيقة البسيطة ، إحمراء المعدن عند تسخينه ثم تحوله إلى البرتقالى فالأصفر فالأبيض المتوهج - تولدت ونمت نظرية الكوانتم عام ١٩٠٠ م

دقيق لمعاني الحرارة ودرجة الحرارة لا يمكنه أن يغفل هذه الآراء التي ملأت باقتدار - هذه الأحقاب الطويلة من التاريخ . إن في العلم نظريات عديدة - والنظريات أهمية كبرى لأنها محاولات لإدخال وقائع كثيرة في إطار واحد مقنع للعقل تماما كما نركب قطع اللعبة الخشبية من أجل تكوين منزل أو حديقة أو أى بناء آخر .

والنظريات الفيزيائية المعاصرة تقدم إلينا وسيلة لتكوين مفاهيم ناجحة وسيلا إلى فهم العالم الذى نعيش فيه على نحو يزداد على الدوام تقدما . فإذا صمدت هذه النظريات أو أى نظرية علمية أخرى لاختبار تجارب مختلفة الأنواع خلال فترة طويلة من الزمان أصبحت ثابتة كمبدأ - رغم أن هناك عدة قوانين في الفيزياء كقانون بقاء المادة والطاقة وقوانين الغازات وقوانين الحركة وغيرها لم تثبت على الدوام - ومع ذلك فقد يحدث أحيانا أن تظهر كشوف جديدة تهدم تماما قانونا قديما . معنى هذا أن أقوى النظريات المدعمة في موضوع معين قد لا تكون هى ذاتها الكلمة الأخيرة التى تقال في هذا الموضوع .

لابد وأن يكون العلم الفيزيائى موضوعيا حيث يركز على أقل قدر ممكن من التفسير الشخصى الذاتى ويقوم على أساس يمكن أن يتفق عليه الجميع - فالقياسات الدقيقة تبعاً لمقياس معيارى وعالمى^(١) يفهمه الجميع تؤدي إلى استبعاد شخصية القائم بالملاحظة وتتيح الأساس الموضوعى ، فالعلم نوع محدود من المعرفة - وهذا التحدد ينشأ من الشروط الدقيقة الصارمة التى يفرضها منهج التفكير العلمى .

فالباحث في دراسته لعالم الطبيعة - يتولى القيام بقياس العلاقات والعمليات وأوجه النشاط للظاهرة ، والقياسات هى كميات تجرد من الأشياء والحوادث موضوع الدرس وتتخذ أساسا مقيدا قابلا للفهم ، وذلك لكى يكون هناك واقع موضوعى قابل للمعرفة ، يمكن أن يتفق عليه الناس جميعا - فلا بد للباحث من إرجاع الحركة واتجاهاتها وسرعاتها إلى الأنظمة الكمية كمجموعات من الأقيسة ، فالحقيقة العلمية هى حقيقة من العلاقات الكمية ، وهى عالم من قراءات المؤشرات على أجهزة القياس .

(١) اللورد كلفن Kelvin (١٨٢٤ - ١٩٠٧) هو وليم تومسون - نال اللوردية فسمى اللورد كلفن رياضى وفيزيائى - كان أستاذا للفلسفة الطبيعية في جلاسجو من عام ١٨٤٦ - ١٨٩٩ أى ٥٣ عاما يقول : أكبر الكشوف العلمية ما كانت إلا ثمرة ما أنفق فيها من قياس دقيق - ويقول أيضا « إذا استطعت أن تقيس ما تحدثت عنه بالأرقام فأنت تعلم عنه شيئا ، وإذا لم تستطع أن تقيسه ، أو أن تعبر عنه بالأرقام فإن معرفتك من نوع هزيل غير مرضى ، قد تكون هذه بداية معرفة ، ولكنك لن تكون قد بلغت تفكيرك مرحلة العلم

وقد تلاحظ أنه من الممكن القيام بقياس كمى لبعض الأشياء التى تعتقد فى العادة أنها
كيفية لكى توضع فى إطار العلم فكيفيات اللون والصوت والصلابة والشكل والكثافة
وكثير غيرها ، هى بعض الصفات التى يمكن قياسها ، مثلما يمكن قياس صفات الثقل
والحجم والزمن . وحتى صفات الألوان الكيفية أمكن تحويلها إلى صفات كمية فالأحمر
بدرجاته - وأى لون آخر قد لا تستطيع العين إدراك الفروق الطفيفة - مثلاً بين صفتى
الزرقة أو الإخضرار - لكن باستخدام جهاز قياس الضوء الطيفى Spectrophotometer
وقراءة المؤشرات الكمية يمكن التعامل مع الألوان كمياً ورياضياً^(١) . وهنا جوهر
الموضوعية فى الدراسات الفيزيائية الضوئية ، وبالتالى فإن من أهم خصائص العلوم
الطبيعية - النزوع إلى « التكميم » Quantification أى تحويل الصفات والكيفيات إلى
مقادير كمية . فإذا تعرض الباحث فى الحرارة حولها إلى موجات حرارية وإذا تعرض
لدراسة الضوء أرجعه إلى طول الموجات وقصرها أو نظر إلى اللون وأحاله بالأجهزة إلى
موجات تقاس ... وهلم جرا ...

من أجل هذا كلف العلم بالقياس والوزن واخترعت تيسيراً لأبحاثه الآلات والأجهزة
والمعدات .

٣ - التجربة ودورها فى كشف القوانين الطبيعية :

فى علم الفيزياء ، كما فى كثير من العلوم الطبيعية الأخرى - تجمع الملاحظات بشكل
تحررى وبكيفية تساعد على البناء المنطقى للعلم - وعملية جمع المعلومات تسمى التجربة
أو الطريقة التجريبية ويمكن تعريف التجربة^(٢) بأنها ملاحظة ظاهرة ما أو مجموعة من
الظواهر ملاحظة مقصودة تتضمن تغيير بعض الظروف الطبيعية التى تحدث فيها تلك
الظاهرة رغبة فى الوصول إلى صفاتها أو خصائصها التى لا يكون فى مستطاع الباحث
الوصول إليها بمجرد الملاحظة دون تعديل فى ظروفها الطبيعية . وقد اكتسبت هذه الطريقة
الثقة والسمعة بأنها أداة البحث العلمى وهى فى أصلها بسيطة للغاية لتلخص أصولها فى
فصل نظام فيزيائى عما يحيط به من التأثيرات الخارجية التى يكون بعضها معلوماً وبعضها
يشك فى وجوده ، ثم يغير الباحث حسب الإرادة إحدى المشاهدات أو بعضها منها فى
النظام وقياس أى عملية تنتج عن هذا الأجراء وتكمن قوة هذه الطريقة فى أن العمليات
الناجمة تبين ارتباطها بالمشاهدات التى عللتها التجربة أو الباحث ، ومن هنا ينشأ الانتباه

(١) Stanley. D. Beck, The simplicity of Science. p.115

(٢) د. محمود فهمى ريدان : الاستقراء والنتج العلمى ص ٤٥

بأن ثمة علاقة فيزيائية لاد وأن يوجد ، والأكثر من هذا الشكل الرياضي الذي تأخذه هذه العلاقة ، يمكن الوصول إليه بطريقة وصعبة بتغيير ظروف التجربة كيميائية منتظمة وملاحظة النتيجة . وهذا الإجراء هو الأداة الفعالة المقنعة لكشف مغاليق الطبيعة مثلاً قد رعب في معرفة العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه ، لفصل الغاز لاد من حصره في محتوى يمكن قياس حجمه ، ولعزل التأثيرات الخارجية ، لابد أن نتأكد من أن الأناء لا يتسرب منه الغاز ، وأن مادته من نوع لا يتفاعل كيميائياً مع الغاز المحصور . وأن درجة حرارة الغاز تظل ثابتة ، وأن التركيب الجزيئي للغاز لا يتغير أثناء التجربة وهكذا ، بعد هذا قد تتمكن من معرفة العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه بتغيير ضغط الغاز بطريقة منتظمة وملاحظة الحجم في كل حالة (قانون بويل) . في هذا المقام وقبل كل شيء لابد من إجراء التجربة بدقة وكفاية ثم أنه لابد وأن نهىء علاقة عليية محتملة بين المؤثر والنتيجة . وهذا نوع من الإجراء الفني والتدريب في تصميم جهاز البحث للنظام الفيزيائي ، كما ولابد أن يدقق الباحث ويجهد في إعادة ترتيب الملاحظات ومراجعة العوامل الخارجية المؤثرة عند كل مرحلة ، وبديهي أن هذه الاجراءات تستغرق وقتاً ، وكثيراً ما يبدأ الباحث بدءاً غير سليم ، كما أنه كثيراً ما تصادفه صعوبات غير منتظرة عليه أن يحلها في صبر إذا أراد التقدم في أى تجربة .

هناك أمر أكثر خطورة يتعلق بتعيين التجربة المناسبة الواجب إجراؤها ، التي يمكن أن تمد البشرية بمعرفة أساسية جديدة ، تأخذ التجربة عند أهل النبوغ صفة النفاذ العميق إلى أصول المعرفة ، حيث الاختيار الصحيح الناجع لنوع التجربة .

يجدر أن نتذكر التجارب التي أجراها جاليليو في بدايات العصر الحديث والتي مكنته من وضع يده على كثير من حقائق حركة الأجسام^(١) ، فبدأ من وقتها ، تقدم مستمر أدى في النهاية إلى ما يعرف بعلم الفيزياء الحديث .

ولو أن التجربة عنصر أساسى من عناصر الفيزياء إلا أنها في حد ذاتها غير قادرة إلا على تقدم محدود في إرساء قواعد البناء المنطقى للعلم . فمن المستحيل أن نسكتشف التفاصيل الدقيقة لشيء لا نستطيع أن نلاحظه بطريقة أو بأخرى فالملاحظات تكون لب المعرفة في فروع العلم الطبيعي . وإذن فالعلم يبدأ بالملاحظات ومنها يمكن صياغة أفكار تتعلق بطبيعة الظاهرة المشاهدة لتفسيرها ، تفسير الملاحظات والتجارب هي ما يسمى بمرحلة فرض الفروض^(٢) Hypothesis وهي المرحلة التي تسبق مرحلة الوصول إلى القانون العلمى .

Lindsay & Margenan; Foundation of Physics, John Wiley & Son New York, 1936 p.62

(٢) د محمود فهمى ريدان الاستقراء والمنهج العلمى ص ٤٧

إن تجارب النظرية الجديدة لو قبلت - لكان ذلك بفضل الاتفاق التجريبي الذي يتوصل إليه كل المشتغلين بالعلم طوال فترة من الزمن . فالكشف الجديد قد يكون وميضاً خاطفاً للعبقرية غير أن الإضافة الناجمة عنه إلى كيان العلم إنما هي ثمرة جهود الكثيرين وأفكارهم . والواقع أن معظم الأفكار الجديدة التي تقترح قد لا تلقى قبولاً من العلماء ، حتى أن سجل العلم حافل بمثل هذه الأفكار قصيرة العمر - فلا بد للنظرية لكي تقبل وتثبت من الموضوعية ، من أن تجمع مزيداً من الواقع في إطار واحد وأن تقدم للوقائع والظواهر المعروفة تفسيراً أبسط وأكثر اتساقاً^(١) مما تقدمه أى فكرة سابقة . على أن العلماء لا يجتمعون لكي يصدروا قراراً بشأن الأفكار التي ينبغي قبولها أو رفضها بل أن النظريات تبقى موضوعيتها وتندثر إذا غلبت عليها ذاتية الباحث ولعدم استعمال العلماء لها . وما أن تنشر نظرية جديدة في مجلة علمية - حتى يبدأ العلماء الآخرون في القيام باختبار نقدي لها مما يؤكد موضوعيتها أو يضعفها - فإذا استخدم الآخرون تلك الفكرة الجديدة أساساً لتفسير أبحاث أخرى ، أمكن القول أن النظرية موضوعية في مجال بحثها ، وتصبح معترفاً بها . أما إذا لم تستخدم الفكرة الجديدة فمعنى ذلك أنها رفضت ولم تكن موضوعية .

٤ - العلاقات الرياضية والقوانين الطبيعية :

أن أعلى درجات الصياغة في علم الفيزياء هي لغة الرياضيات^(٢) . وعظمة الرياضة تكمن في قدرها المطلقة على ربط الملاحظات بالنتائج في تسلسل منطقي وهي أكثر طرائق المنطق دقة ، وتتلخص طريقة استخدامها في الفيزياء بوضع رموز رياضية تتعلق بالملاحظات والتعبير عن العلاقات بينها بصيغة رياضية وربط هذه العلاقات بأخرى بوساطة قواعد خاصة ، ومحاولة اختزالها كلها إلى صيغة قابلة للفهم .

وأبسط طرق استعمال الرياضة في الفيزياء هو استخدامها في صياغة قوانين الفيزياء وهذه القوانين عبارة عن صيغ مدونة بين الملاحظات في أى نظام فيزيائي معين ، أى أنها علاقات بين مجموعات القياس - أن الفائدة العظيمة لعلم الرياضة كأداة لصياغة الأفكار النظرية وإنتاج القوانين الفيزيائية قد أدت بالبعض إلى استنتاج أن الطبيعة تعمل أساساً بطرق رياضية محضة وأن الدقة في القوانين الطبيعية مرجعها إلى صورها الرياضية وعلى

(١) راجع : Mach, E., The science of mechanics, open court publishing Co., 1942 p.296

(٢) د. محمد مهران في فلسفة الرياضيات دار الثقافة للطباعة والنشر ١٩٧٧ ص ٧

وأيضاً : د. محمد مهران ود. حسن عبد الحميد في فلسفة العلوم ومناهج البحث ١٩٧٨

الأقل يوجد من يجاهر بأن للطبيعة هيكلًا منطقيًا بدليل أن الرياضة وهى طريقة منطقية معالجة لوصف الوجود الطبيعى - أمام هذا رأى يوجد رأى آخر يقول : بأن الرياضة نفسها مشتقة من تشابهات طبيعية ، اكتشفها علماء الرياضة الذين نشأوا وعاشوا فى عالم لسوا فيه مدى سيطرة الرياضة حتى على أكثر الدراسات بعدا عن المادية .

ولذا فليس غريبا أن تكون القوانين الرياضية قابلة للتطبيق على الظواهر الطبيعية - ولذا فالانسجام بين الرياضة والعلم الطبيعى متوقع دائما . وقد أشار إلى ذلك المشتغلون بالفلسفة عندما يتطلعون إلى النظريات الفيزيائية الحديثة . يؤكد العلماء أن الرياضة بالنسبة للفيزيائى ما هى إلا الأداة وليست غرضا فى حد ذاتها^(١) ، فعندما نبحث فى طبيعة الملاحظات الفيزيائية ، نجد أن الكثير منها قابل للقياس الذى من شأنه التعبير برقم معين مع وحدة قياسية . أى أن كميات كثيرة تحتوى على خاصية المقدار ، فكميات مثل الكتلة والطول والمساحة وفترات الزمن تتعين تماما بهذه الكيفية - والكتابة العلمية التى تتضمن القياسات الكمية الموضوعية - كتابة محايدة لا يمكن للدارس أن يستشف منها شخصية كاتبها ، كما أن الأسلوب العلمى الصرف أسهل فى الترجمة إلى اللغات الأخرى من الكتب الأدبية ، والمصطلح العلمى إذا وضع مكانه مصطلح يساويه من لغة أخرى ، فإنه لا يفقد شيئا ومن ثم فإن الجانب الموضوعى الخالص من الجملة العلمية ينصرف بدلالته إلى جزء من الواقع الفعلى ، يمكن لأى قارئ مختص أن يراجع ، ليطمئن إلى صوابه - ولهذا نجد أن القضية العلمية المطروحة على العلماء قابلة لأن تحقق بالوسائل التى تبرز خطأها ، لو كانت قضية خاطئة . وعلى صاحبها أن يقيم الدليل على صدقها أمام زملاء التخصص على أن يكون فى استطاع المتخصصين فى مجالها أن يخضعوها للتحقيق بوسائل العلم ، ولذلك يتصف التفكير العلمى بأنه مرن وقابل للتطوير ، فقانون « سقوط الأجسام » عند جاليليو حل محل تفسير أرسطو لتلك الظاهرة كما أن قوانين نيوتن للحركة استوعبت قانون جاليليو ، وكذا قوانين كبلر فى حركة الكواكب ، وهكذا لو كان أى قانون من تلك القوانين ثابتا أو صادقا صدقا مطلقا لأدى ذلك إلى جمود العلم ولما كانت هناك الفرصة أمام التفكير العلمى للتوصل إلى قوانين أخرى جديدة تكون أقرب إلى التفسير^(٢) الصحيح لحقائق الأمور .

(١) د. محمد مهران : فى فلسفة العلوم ومناهج البحث مكتبة سعيد رأت ١٩٧٨ ص ٩٩

(٢) النظرية العلمية مجموعة من القوانين العامة التى يرتبط أحدها بالآخر ارتباطا متسقا يعتمد بعضها على بعض وهى جميعا متعلقة بنوع واحد من الظواهر ، وكل قانون فى هذه النظرية العلمية أو تلك ، إما يفسر جانبها معنا من تلك الظواهر بحيث أن مجموعة تلك القوانين المؤلفة للنظرية العلمية تفسر تلك الظواهر من كل جوانبها : راجع : د. محمود فهمى زيدان الاستقراء ص ١٤٣

إن لغة الفكر الفيزيائي المعاصر ، وهى لغة العلم تحوى رموزا مما اصطلاح عليه علماء المجال ، لكى يكون مراده مفهوما لكل من أراد متابعتة ومراجعتة ومناقشتة - هذا وإن كانت لغة العلم لا تحوى ألفاظا دالة على القيم بكل أنواعها - فالعلم منوط بمسائلة الموضوعية . إن الشرط الضرورى والأول فى التفكير العلمى المنتج هو تحويل اللغة الكيفية إلى لغة كمية أو ما يعادلها بلغة الأعداد - فالفرق بعيد بين لغة الحديث المألوفة ولغة العلم ومن أهم أسس التفكير العلمى أن نستخدم مصطلحات العلوم ومفهوماتها - ولنأخذ مثلا مفهوم « اللون » كما نعرفه فى الأحاديث المعتادة ومفهومه عند علماء الفيزياء - فى الحياة العملية نميز بين الألوان جميعا كما نراها فى كل شىء ، فى النبات فى الزهور فى الجبال إلى آخر ما تزدهم به دنيا البشر . أما عند العلماء فاللون ضوء يتغير بتغير أطوال الموجات الضوئية ، فالعلم لا يعنيه كيف ترى العين البشرية ولا ماذا ترى - بل يعنيه أطوال موجية يقيسها . إن دقة التفكير العلمى تتطلب تحويل المفاهيم الكيفية إلى مفاهيم كمية وأن العلوم المختلفة لتتفاوت فى مقدار تقدمها بنفس المقدار الذى اختلفت فيه من حيث ضبطها لمفهوماتها ضبطا كيميا . ففى علم الفيزياء مثلا : فلننظر إلى مفهوم (الحركة) Motion كيف كان إبان مراحله التاريخية الأولى ، وكيف أصبح بعد نقلته الواسعة فى عصر النهضة الأوروبية على أيدي جاليليو ونيوتن وغيرهما ، كان تصور علم الفيزياء للحركة فى مراحله الأولى تصورا كيميا فكان أرسطو يقسمها أنواعا بحسب اتجاهاتها فيقول : إن هناك حركة صاعدة أبدا كحركة اللهب وحركة هابطة أبدا كحركة الحجر الساقط وحركة دائرية وهى عنده أكمل الأنواع كحركة الأجرام السماوية فى أفلاكها ثم جاء جاليليو فنظر نظرة أخرى قلبت الأمر رأسا على عقب - فقد أراد أن يجرد الحركة من الأجسام المتحركة - حتى لا ينشغل باتجاهاتها ، فيقول : إن اللهب صاعد والحجر ساقط والكوكب يدور ، إلا أنه جرد الحركة وحدها وحاول أن يجعلها متجانسة فى طبيعتها ، لا فرق بين أن يكون المتحرك حجرا أو لهبا أو ماء - فالهدف العلمى الجديد ، ليس هو وصف ما هو كائن مشهور - بل هو استخراج القانون الكمي الذى يحدد السرعة وما يؤثر فيها - ومن ثم كانت قوانين حركة الأجسام - وشرعان بعد ذلك ما ازداد تقدم العلم معرفة بحركة الأجرام السماوية فتقدم علم الفلك - ثم ما هو إلا أن أخرج نيوتن قانون الجاذبية ... وهكذا ... كان التقدم الحضارى الحديث والفرق بين الكم والكيف & Quantity Quality هو الفرق بين ما أسماه العلماء والفلاسفة المحدثون الأوائل بالصفات الأولية Primary Qualities والصفات الثانوية Secondary Qualities للأشياء^(١) . والصفات

(١) اعتمدت فى عرضى هذا على المراجع الآتية .

١ - د. ركنى محيى محمود نحو فلسفة علمية مكتبة الأنجلو المصرية ١٩٥٨ ص ٣١٠

الأولية أو الكمية هي وحدها التي تصلح أساسا للعلوم عامة والفيزياء خاصة أما الصفات الثانوية والتي هي من خلق الإدراك الحسى فهي لا تصلح أساسا للعلم . فالصفات الأولية في الأشياء هي الصفات الموضوعية لأنها الصفات التي لا ترتفع بطريقة الإدراك البشرى لأشياء وظواهر . وأما الصفات الثانوية فهي على عكس رملتها . فهي الصفات الذاتية انتهى هي من خلق الجهار الإدراكى عند الأنسان .

وبما يمكن للصفات الموضوعية المستقلة أن تقاس أبعاداً وأورانا وسرعات وهلم جرا - نرى الصفات الثانوية غير قابلة للقياس ومن ثم غير قابلة للتحويل إلى كم رياضى . ولذلك يمكن تحديد التفكير العلمى بأنه يعالج الجوانب الكمية من الظواهر - وهذا هو الشرط لكى يكون العلم موضوعيا ، وموضوعيته كفيفة أن تنجو به من اختلافات النظريات الفردية ، التى كثيرا ما تتحكم فيها الأهواء والرغبات والحالات الوجدانية بصفة عامة .

إن أكثر ما يواجه العلماء جميعا وبصورة دائمة مشكلة لغة الوصف الموضوعى للتجربة ، وأقصد بهذا الوصف التعبير الذى ليس فيه لبس - يفهمه المتخصصون دون جنوح أو غموض ، والوسيلة الأساسية لذلك هي بالطبع اللغة Language ، اللغة السلسلة التى تعنى بغنى ووفرة ألفاظها مغطية الحياة العلمية والعملية بجانب التعامل الاجتماعى للإنسان . سوف لا يعينى بحث أصول مثل هذه اللغة بقدر ما يعينى دراسة مجالها فى التعبير العلمى وعلى الأخص دراسة مشكلة اللغة التى تحتفظ بموضوعية الوصف عندما تتسع التجربة وتتعدى المؤلف من حوادث الحياة اليومية . تلعب الرياضة برموزها المجردة دورا خاصة فى المجال الفيزيائى - فهي التى أسهمت بصورة حاسمة فى تقدم التفكير المنطقى بواسطة تجریداتها جيدة التحديد ، فى التعبير عن العلاقات المتجانسة - ورغم ذلك لن نعتبر الرياضة كفرع منفصل عن المعرفة بل كمجرد تهيذب للغة العامة . تمد هذه اللغة بالرموز المناسبة لتصوير العلاقات التى يكون تصويرها بالتعبير اللفظى العادى غير دقيق - ولهذا يمكن أن نبرز أن استخدام الرموز الرياضية يضمن وضوح المعالم ، الذى يتطلبه الوصف الموضوعى ، وذلك لمجرد كونه يتحاشى الرجوع إلى الذات الواعية (الأنا) الأمر الذى يتغلغل فى اللغة اليومية .

لقد أسهمت الرموز الرياضية المجردة التى نشأت أصلا نتيجة السعى المستقل إلى تعميم التركيبات المنطقية فى دفع عجلة التقدم فيما نسميه بالعلوم الدقيقة - وهى العلوم التى تتميز بوضع العلاقات العددية والرمزية بين القياسات ، ويتضح هذا الأمر بصورة خاصة

٢ د . ركى نجيب محمود أسس التفكير العلمى سلسلة كتابك العدد الرابع ١٩٧٧

٣ د . ركى نجيب محمود المنطق الوضعى الجزء الثانى مكتبة الأنجلو المصرية ١٩٦١

في الفيزياء التي نعتبرها تضم كل معرفة تتعلق بالطبيعة التي نحن أنفسنا جزء منها وأن أصبح تدريجياً يعني دراسة القوانين الأولية التي تحكم خواص المادة الجامدة ، وستظل الرياضيات بمنهجها الاستنباطي ورموزها المجردة مناطا للثقة واليقين عند معظم المفكرين والفلاسفة لما تمتاز به من دقة ووضوح ويقين قد لا نجد له مثيلاً في أى فرع آخر من فروع المعرفة الإنسانية .

وقد أصبحت الرياضيات اليوم تمد العلوم الفيزيائية بالتنظيم العقلي للظواهر الطبيعية وأصبح منهجها وتصوراتها ونتائجها قوام العلوم الفيزيائية المعاصرة حيث تمتاز بلغتها الرمزية^(١) المستخدمة لتوضيح المعاني التي هي غالباً ما تكون غامضة في اللغة المألوفة فقد تكون للكلمة في لغة الحديث الجارى أكثر من معنى ، حسب ورودها في العبارة ، أما اللغة الرياضية فهي محددة تحديداً دقيقاً ، ولعل هذا السبب الذي جعل من الرياضيات العلم الدقيق . وأكسبها طوال تاريخها احترام جميع المفكرين علماء وفلاسفة على وجه أصبحت معه مثلاً يحتذى في كل تفكير يقينى .

إن النظريات الفيزيائية المعاصرة ليست سوى بناء نسق رياضى يحوى رموزاً بينها علاقات تصاغ في معادلات رياضية ، وينظر العلماء إلى هذه اللغة الرياضية على أنها مرشد لفهمنا للعالم ، لا أنها تعبر عن حقيقته .

٥ - النظريات الفيزيائية فروع تتطور :

النظريات في علم الفيزياء هي محاولات لتفسير الظواهر بمجموعة من القوانين الذهنية الأساسية في الطبيعة ، ولو أنها ليست غالباً من النوع الذى يسهل الوصول إليها بالملاحظة أحياناً ، تنمو النظرية الجديدة من نظريات موجودة من قبل ويكون الغرض منها إمكان تطبيقها في ظروف جديدة أكثر حفرأ على وضع قواعد جديدة .

تبدأ صياغة النظرية بيدييات وفروض يقترحها المشتغل بالفيزياء النظرية على أنها قواعد أساسية في الطبيعة . وقد تتعلق هذه القواعد بالملاحظات مباشرة . في أكثر الأحيان تكون

(١) جاء فلاسفة التحليل المعاصر فألقوا ضوءاً جديداً على طبيعة القضية الرياضية هذا الضوء يعد أهم كشف فلسفى في القرن الأخير كله ، وهو موضع الثورة في الفلسفة المعاصرة كلها ، فيقن الرياضية ليس له مصدر سوى أن القضية الرياضية تكرر لفظي في الرموز - فلا فرق في طبيعة العبارة الرمزية بين أن نقول $2 + 2 = 4$ أو $1 + 3 = 4$ أو $3 + 1 = 4$ فالقضية الرياضية ضرورية الصدق ، وصدقها غير مرهون بمكان معين ولا بزمان معين - صدقها ضرورى الآن كما كان ضرورياً عند انسان الكهوف والضرورة هنا تعنى أن نقيضها مستحيل .

راجع : د . زكى نجيب محمود نحو فلسفة علمية ص ١٦٤ .

هذه الفروض على شكل معادلات رياضية لإيجاد علاقة تربطها بالملاحظات الممكنة وقد نكون النتيجة على شكل قانون ينظر إليه نخب صوء حديد ، كما قد نكون علاقة جديدة لم تختبر بعد على هيئة تنبؤ ، فما يجب التنويه به أن التنبؤ بالعلاقات الجديدة التي تثبت صحتها بالتجربة فيما بعد هو عنوان النظرية الناحية^{١١} . والنظريات الهامة هي التي تختص مناطق كبيرة من العلم وتشتق منها علاقات كثيرة قابلة لمشاهدته كل هذا من مجموعة مقدمات بسيطة فالدناميكا النيوتونية التي بدأت من ثلاث قواعد بسيطة وهي (قوانين الحركة) الثلاثة ، أمكن إنماؤها لتحتوى على جميع العمليات الديناميكية المعتادة . فسلوك جميع الأجسام المتحركة والساكنة في أماكنها ومسارها وسرعانها وكل الملاحظات الديناميكية الخاصة بها مرتبطة فيما بينها داخل إطار نظرية نيون ، ولا يمكن إدراك مدى اتساع وقوة النظرية إلا بدراسة مفصلة لتطبيقاتها .

إن الظواهر الطبيعية تحتاج إلى نظريات لا يوجد بينها عامل مشترك كبير غالباً - بمعنى لا توجد نظرية موحدة للمادة وإنما هناك نظرية تتعلق بسلوكها الميكانيكي وأخرى تتعلق بسلوكها الكهربى وأخرى تتعلق بخواصها الضوئية ... وهكذا ... إن نظرية مكسويل الكهربائية المغنطيسية قد ربطت بين نظريات كهربية وضوئية وميكانيكية كثيرة سبق وأن وصفها رواد العلم الأوائل ، وأن نظرية النسبية لاينشتين قد جمعت بين نواح معينة من الكهرباء والجاذبية وجعلت منهما وحدة كاملة وأن نظرية الكوانتم قد نسقت بين بعض الخواص الكهربائية للمادة وإشعاع الضوء وامتصاصه - وكلما نمت الفيزياء احتضنت نظريات جديدة أكثر استيعاباً وأحلتها مكان القديم منها - لكن لازال العلم الطبيعى بصفة عامة بعيداً عن اعتناق نظرية موحدة عامة - ومن المسائل الصعبة الشائكة محاولة ابتكار نظرية موحدة للمجال تربط بين خواص الجاذبية والخواص الكهربائية والديناميكية للمادة وفى نطاق أقل طموحاً لا تزال أمام العلماء مهمة اكتشاف نظرية تفسر سلوك نواة الذرة وتركيبها ، لاسيما وأن الإمكانيات التكنولوجية تستغل حالياً فيما يسمى بالأنشطار النووى . هناك تفاؤل بين العلماء بأنه من الممكن حدوث تقدم جديد فى النظرية الفيزيائية فى عهد قريب .

(١) النظرية فرض يراد به تفسير أكبر عدد من الظواهر ، فإذا أمكن تفسير عدد كبير من الحقائق الجزئية

بأحد هذه الفروض انقلب إلى حقيقة علمية أقرب ما يكون إلى اليقين

أما إذا أخفق العالم فى إرجاع كثير من القوانين أو الحقائق الجزئية إلى نظريته فيجب عليه تعديلها ، أو تركها إذا لم يكون هناك بد من ذلك ، ومعنى هذا أن النظريات العلمية ليست جامدة بل تقبل التطور

راجع د محمود قاسم « المنطق الحديث ومناهج البحث » الطبعة الثالثة مكتبة الأنجلو

لصفحة ١٩٥٤ ص ٢٧٤

إذن الغاية من العلم الطبيعي ، هي بناء نظرية ضخمة من مجموعة من المعلومات الجزئية الصغيرة التي تم اختبارها - فإذا أمكن الجمع بين كل الملاحظات والنتائج المستخلصة من تجارب كثيرة تجرى في معامل مختلفة - تعبر عن جهود وأفكار وأساليب علماء وجهات متباينين عديدين - فنعتقد قد ينتج تفسير يتسم بالقوة والاتساق تتكون منه نظرية علمية أو مفهوم علمي على أن تكون هذه النظرية متسقة مع كل الفروض التجريبية ، فالملاحظات والنتائج هي الحجارة التي تشيد النظرية العلمية وعلى هذا النظرية هي أفضل فكرة لدينا عن الطريقة التي تترابط بها مجموعة من الظواهر المستقلة فيما بينها^(١) على أن مثل هذه النظريات لا تنبثق آليا من الملاحظات والتجارب مثلما أن الأحجار لا تتجمع بداتها لتكون بيتا ، بل إن النظريات كاليوت ينبغي أن تشيد ، ويتوقف أسلوب العمارة على الشخص القائم بالبناء ، وعلى المجال الذي يعمل فيه ، فبعد إجراء تجارب متعددة على أوجه مختلفة لموضوع معين تتيح المعلومات المتراكمة لواحد أو قلة من العلماء أن يقترحوا نظرية عامة تجمع كل هذه المعلومات في تفسير واحد - فالنظرية مفهوم يوحد مجالا من مجالات البحث العلمي ، وهي تقدم خطة موحدة لتفسير مجموعة كاملة من الوقائع التي تبدو وكأنه لا رابط بينها . قد يحدث أحيانا أن يعترف العلماء الآخرون بنظرية جديدة بمجرد أن تقترح عليهم ولكن قد يحدث في أحيان أخرى أن تواجه النظرية الجديدة بالتحدى - وتدور معارك في الجمعيات والمجلات العلمية وعندما ينشب خلاف كهذا يهرع الجميع إلى إجراء المزيد من التجارب ، واختيار الأفكار للحصول على مزيد من الأدلة ، التي تؤيد هذا الجانب أو ذاك والواقع أن الخلافات العلمية كثيرا ما عكرت صفوه ، بل وتجعل تاريخه مثيرا - فنادرأ ما يميلاد النظرية الجديدة دون ألم - فالنظريات الجامعة أساسية إذا شئنا أن ينمو العلم وتوضح معالمه التطبيقية . عندما تولد نظرية جديدة فإنها لا تظهر إلا بوصفها فرضا لم يختبر ، ولكي تختبر لا بد من استخدام أدوات وأساليب يحىء معظمها من العمل المتراكم للآخرين ، أى أن هذه النظرية الجديدة لو قبلت لكان ذلك بفضل الاتفاق التجريبي الذي توصل إليه عدة مشغولين بالعلم طوال فترة من الزمن ، فالنظرية الجديدة لا يمكن أن تثبت إلا إذا حدث تقدم عام في المعرفة ، وفي الخبرة الفنية يتيح إجراء اختيار سليم لها ، فما كانت نظرية النسبية عند أينشتين لتصاغ أصلا لو لم يكن العلم الفيزيائي قد تقدم إلى حد لم تعد معه المفاهيم الفيزيائية القديمة كافية على الإطلاق لاستيعاب الظواهر الجزئية فالتقدم العلمى ليس حادثا منعزلا وإنما هو نتيجة تقدم وتطور سابق في المعرفة وفى الأساليب الفنية التطبيقية . يدلنا تاريخ العلوم على وجود هذا التطور ، فالنظريات التي تتطور هي التي تحتوى على جانب من الحقيقة ، حقا لم تصل العلوم الطبيعية حتى الآن إلى

Dampier, Sir W., A History of science; Macmillan Co., NewYork (١)
1946 p.303

• نظرية -هائية لا تقبل التطور حيث نكون عامة تصير جميع ظواهر الكون ، ونيس لنا أن نقول -استحانه موصوب- في مثل هذه النظرية المثالية . إلى أن تحقق ، لاند وأن يستعين العلماء في كل مروع المعرفة الطبيعية ببعض النظريات التي يكمل بعضها بعضا ، لأن العلم الطبيعي لا ينفك عن التطور المستمر

إمكانية التحقيق التجريبي :

التحقيق التجريبي هو معيار صدق الفرض العلمي مهما كانت طبيعة ذلك الفرض من ضمن اتجاهات الفلسفة التحليلية معاصرة نظرتها إلى صعوبة وعقد التحقيق التجريبي لقضايا العلم . أقصد الإشارة إلى مبدأ إمكان التحقيق Principle of verifiability الذي نادى به « إير »^(١) A. J. Ayer عام ١٩٣٦ وربط به بين فلسفة العلوم ومشكلات نظرية المعرفة .

يعتبر مبدأ إمكان التحقيق عند « إير » هو موقفه من نظرية المعنى Theory of Meaning تلك التي تبحث في معيار الحكم على صدق قضية ما لتمييزها عن القضية الكاذبة وهي إحدى النظريات المتضمنة في الاستمولوجيا . يصنف إير القضايا صنفين قبلية وتجريبية ، ويرى أن هذين هما كل القضايا ذات المعنى - وأى قضية لا تندرج تحتها هي قضية ميتافيزيقية . ويميز « إير » أيضاً بين القضايا ممكنة التحقيق بالمعنى القوي ، إذا أمكن إثبات صدقها إثباتاً حاسماً ، وتميز بأنها مستقلة عن الخبرة الحسية ويعتمد تحقيقها على مجرد استخدام صحيح للألفاظ ، وعلى علاقات ثابتة بين تلك الألفاظ ، وقضايا ممكنة التحقق بالمعنى الضعيف إذا أمكن للخبرة جعلها احتمالية الصدق . ولما كانت القضايا التجريبية في علم الطبيعة المعاصر مثل كل ذرة تتركب من الكتلونات وبروتونات ونيوترونات — والمعادن الساخنة تشع طاقة على هيئة فوتونات هذه القضايا ممكنة التحقيق بالمعنى الضعيف ، ولا يمكن إقامة الصدق الكلي لتلك القضايا التجريبية بتأييد الخبرة الحسية مهما كثرت حالات تلك الخبرة ، التي ترجح احتمال صدق القضية - والأحتمال هنا بمعنى ميلنا نحو تصديقها .

يشير إير إلى نقطة بالغة الأهمية في طبيعة القضية التجريبية مما لها أثر كبير في تصورنا لتحقيقها تجريبياً ، وهي ما يمكننا تسميتها « الغموض الطبيعي » المتضمن في كل قضية

(١) ألفرد جيهلز إير A.J. Ayer تأثر بالمدرسة الوضعية المنطقية Logical Positivism ، وفلسفتها التحليلية المتضمنة نظرتها إلى الميتافيزيقا ، وبيان أنها خرافة لا تستحق أن تكون فرعاً من الفلسفة .

اتفق رواد المدرسة في الانحاء ، ولكنه لا يتفق معهم في كل التفاصيل

جمع د محمود فهمي من الاستقراء ص ١٨٧ ٢٠٣

تحسنة فلكل حسب مادي عدد لا ٠ من الصفات وهنالك ظروف لا هية له ظهر فيها هذه الصفات أو تلك النتيجة أنا لاستطيع حصرها جميعا ومن ثم تحقيق أى قضية ذات طبيعة مادية دائم هو تحقيق ناقص وبالتالى فلا يكون التحقيق تاما . وإن استلزم الوصول إلى خبرة حسية تؤيد القضية

كتب « إير » مقالا عام ١٩٤٧ بعنوان إمكان التحقيق Verifiability وكانت أهم نقطتين في هذه الحالة :

١ - أن أى قضية تجريبية تتميز بميزتين أساسيتين « النقص » Incompleteness والتركيب المفتوح Open structure ، النقص المتضمن في وصف أى شيء مادي أما خاصية التركيب المفتوح فهي إنكار أى تعريف مطلق أو أى شرح شامل - ففي الإمكان الحصول على صفات أخرى لأى شيء مادي الآن وفي المستقبل .

٢ - لانونج على الإطلاق شواهد من الخبرة تثبت صحة القانون العلمى ، وإنما الشواهد تقوى احتمال الصدق ، لكنها لا تبرهن عليه - فالعلاقة بين القانون وشواهد المؤيدة ، هى توفر شروط معينة لحدوث تلك الشواهد ، وعدم وجود عوامل تعوق هذه الشروط - والشرط الأخير ليس في متناول الباحث العالم وإذن يظل التحقيق التجريبي الكامل لأى قانون علمى غير ممكن - من هنا ندخل إلى قضية أخرى ذات أهمية عند التحقيق التجريبي ، ألا وهى الألفاظ التى تصاغ بها الفروض والنظريات ومداها من الحقيقة .

« الحقيقة » فى الألفاظ الفرض والنظرية العلمية :

فى العلوم الطبيعية فروضا أمكن تحقيقها تجريبيا ، فى تجارب تكررت مرارا ، وأنت بنفس النتائج فى حدود الأخطاء التجريبية المعتادة . وسأفترض أن الظروف والشروط الواحدة ستؤدى دائما إلى ظواهر واحدة فى إجمالها وتفصيلها ، ومن الناس من يعتبر هذه الفروض حقيقة مطلقة .

ولفظ « الحقيقة » Reality لفظة مريبة سأستخدمها لأعنى بها نتيجة خرجت بها من تجربة ولأعنى بها كذلك ذلك المعنى الذى مؤداه أن تجربة على نسقها وبشرطها ، لا بد أنها تنتج نفس نتائجها .

لدينا فى الفيزياء المعاصرة المنطوق الذى يقول : أن نواة الذرة تتألف من الكترونات وبروتونات ونيوترونات وهو قول لا يزال كثير من العلماء والفلاسفة يعدونه فرضا أو نظرية ، لا حقيقة ثابتة .

علم الفيزياء أثبت أن المنضدة الخشبية ليست في الحقيقة إلا مجموعة من الكثرونات وبرتونات ونيوترونات وقوله « في الحقيقة » قد يعمل في بعض الأذهان معاني مضللة كثيرة ، والأصح لو أن علم الفيزياء قال : إن التصور الذهني المرتبط بلفظ منضدة تصور نافع في دنيا الناس وعلى قدر فهمهم النظرى العام ، وقد استخدموه جميعا وانتفعوا به وهو محدد تحديداً كافياً بحكم ماضى الخشب قبل أن يكون خشباً - وفوق هذا يجوز التعبير عما وقع للخشب من تحولات كيميائية للجزيئات وذرات لمادى السيلولز واللجنين المكونة للخشب - وخلاف ذلك لا أرى فائدة من ذكر وجه الإنتفاع بالخشب مع ذكر تكونه من الكثرونات وبرتونات .

« حقيقة » كثير من النظريات التى يضعها العلماء ، تثير أمام الفلاسفة حين يتفلسفون صعوبات فوق التى تثيرها « حقيقة » معنى المنضدة أو معنى تلك المادة التى نسميها خشباً . والواقع أن درجة الحقيقة التى نحسها للأشياء للمعاني سواء علماء أو فلاسفة - تتوقف على درجة ألفتنا لما تثيره هذه الأشياء والمعاني فى أذهاننا من صور ، وهذه الألفة بدورها تتوقف على مقدار ما استفدناه من ثمراتها على مر الزمان . أو عما يتنبأ به العلم أن يقع ، فأمر ككل أمور الحياة غير العلمية يتوقف ثبوته على ما به من احتمال ، فالمسألة على ما يظهر ليست إلا احتمالاً ودرجة احتمال .

إن كل ما نتوقعه من أحداث وظواهر ووقائع العالم الطبيعى قد يقع فى روعنا موقع الثبوت واليقين وليس إلا شيئاً محتملاً - كبير الاحتمال .

٦ - وحدة الكون والمفاهيم الشاملة فى النظريات والقوانين الطبيعية :

هناك مسلمة أخرى تتميز بها النظريات والقوانين الفيزيائية المعاصرة والمتعلقة بالناحية الموضوعية أعنى بها التسليم بأن « الطبيعة موحدة » وكأنها خطة واحدة للكون ، ولاشك أن هناك اعتقاداً لدى أغلبية العلماء والفلاسفة بوحدة الكون ، على أن تأثر اعتقاد العالم بأن الطبيعة كلها موحدة يمتد أبعد بكثير من هذه الأمثلة فى التكوين الذرى والكيانات المتناهية فى الصغر بممثلياتها المتناهية فى الضخامة والاتساع كالمجموعة الشمسية فهذه المسلمة « وحدة الكون » تؤدى إلى نتيجة على جانب عظيم من الأهمية - هى أن تكون للعلماء الحرية فى تطبيق المعرفة المتعلقة بفرع معين من فروع العلم على المشكلات التى تصادفها فى فرع آخر - ولن يتأتى ذلك إلا بموضوعية النظريات والقوانين مجال التطبيق .

وقد تأكد للعالم أن ما نعرفه فى الفيزياء يمكن تطبيقه فى الفلك ، وفى الكيمياء ، وهناك

تطبيقات في ميدان البيولوجيا ، استعان العلماء بمعارفهم الفيزيائية عن الضوء ووحداته الفوتونية وكيفية استخدام النباتات لضوء الشمس من أجل تكوين السكاكر والنشا والسليلوز والأحماض الأمينية والإنزيمات وعدد كبير من المواد الأخرى . ولعل النظرة الموضوعية اليوم تدعو العلماء والفلاسفة في النظر إلى الكون على أنه كيان ضخم واحد - منظم - تسرى مجموعة واحدة من القواعد - وأن ما يعرف في أى فرع بعينه من فروع الفيزياء له أهميته وتأثيره في العلم الطبيعي كله - والهدف النهائي في العلم هو ادماج كل شيء وكل ظاهرة في مفهوم واحد شامل . وعلى الرغم مما في هذا الهدف من طموح يصل إلى حد الغرور فإنه هو أساس الاعتقاد بأن الحوادث المنفصلة يمكن أن ترتبط من حيث المبدأ ارتباطا وثيقا وعلى هذا الأساس يمكن تنسيق المعرفة العلمية وتنظيمها - والمسلمة الكامنة من وراء هذا هي أننا لو عرفنا كل ما يمكن أن يعرف عن الذرة وكياناتها أو عن الخلية النباتية أو الحيوانية وكياناتها وعناصرها - لأمكننا أن نعرف كل ما يمكن أن يعرف عن الكون .

وفي هذا التسليم بوحدة الطبيعة يختلف العلم الفيزيائي عن غيره من أنواع المعرفة إذ أن الفروع المتعددة للعلوم الفيزيائية ترتبط فيما بينها ارتباطا وثيقا ، ولما كان العلم الحديث قد تقدم وذلك من حيث نوع المشاكل التي يبحثها ومن حيث طبيعة الحلول المطلوبة فإن الفيزياء قد أصبحت أهم فروع العلم وأكثرها تقدما إذا كان من الممكن تقسيم العلم الطبيعي إجمالا إلى ثلاثة فروع رئيسية هي الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا - فالملحوظ أن الفيزياء هي أبسط الثلاثة والبيولوجيا أعقدها - وهذا لايعنى على الإطلاق أن الفيزياء أسهل منها بالضرورة - بل أن بعض مراحلها عسيرة بالفعل إلى بعد حد - وإنما المقصود بالبساطة - ذلك الطابع المباشر الذي يتسم به التجريب الممكن فيها .

٧ - النظريات الفيزيائية ليست لها قداسة وليست مطلقة الصدق :

من سمات الموضوعية في نظريات الفيزياء المعاصرة أنها لم تغلق الباب في وجه المزيد من البحث في الموضوع فليس هناك نظرية يمكن أن توصف بأنها الكلمة الأخيرة التي لا ترد - كما لم تعمل أى نظرية من نظريات البحث على نقل المشكلة إلى مجال لا يقبل الاختبار أو التحقيق - ولقد أثبت قانون الجاذبية عند « نيوتن » أنه فكرة عظيمة الأهمية والفائدة - فالصيغة التي عبر بها نيوتن عنه تسمح بإجراء تطبيقات رياضية ، إذ أن من الممكن قياس هذه القوى والكتل والمسافات ، والفكرة كلها يمكن اختبارها تجريبيا - ونتائجها يمكن التنبؤ بها ، بالاستنباط ثم اختبارها بالاستقراء ، وهو يمتاز بوصفه قانونا علميا ، بأنه متناسق ، بسيط ومفيد - ومن المهم ملاحظة أن التفسير الذي قدمته النظرية النسبية

الحديثة للجاذبية هو أدق وأسطح حتى من تفسير نيوتن ، من حيث أنه لا يقتضى استخدام فكرة الجذب . على أن النظرية النسبية لا تبطل قانون نيوتن وإنما هي تتجاوزه كثيرا بحسب النظريات الفيزيائية المعاصرة تتفق أو هي متسقة مع الوقائع أو الظواهر الطبيعية Agreement . وللتأكيد على أن أفكار هذه النظريات تتفق مع الظواهر الطبيعية أمكن استخدامها في التنبؤ مما سيحدث في ظروف معينة مع ضرورة افتراض أن الطبيعة تؤدي عملها بأكمل نظام محكم ، فعندما لا تعود النظريات ملائمة للملاحظات يتعين تغيير النظريات . وقد تبدو القاعدة القائلة بأن الطبيعة لا تخطئ أبدا ، وأن الظواهر تحدث تماما كما يفترض لها أن تحدث قد تبدو هذه القاعدة بديهية ، لكنها سواء أكانت بديهية أو لا ، فإن الناس يطلبون أحيانا من الطبيعة أن تطابق أفكارهم الضيقة .

الموضوعية الجافة التي يتميز بها مسار العلم تؤكد أن النظرية العلمية ينبغي أن تكون بسيطة بقدر الامكان ، وأن تكون من الممكن اختبارها تجريبيا ، وأن تكون متسقة مع كل الظواهر المشاهدة المتعلقة بالموضوع ، وهذه شروط صارمة لا يمكن أن تتخلف ولا يمكن التساهل بشأنها . والواقع أن بعضا من أقرب المفاهيم إلى قلوب البشر لا يجد له مكانا في موضوعية العلم - وعليه إذا وجد أى مفهوم لا يمكن قياسه موضوعيا ، أو اتخاذه موضوعا للملاحظة محايدة ، فإن هذا المفهوم لا يمكن أن يحظى باعتراف العلم .

وارجاع المعرفة إلى أبسط أشكالها موضوعية هو أمر لا مفر منه من أجل ضمان فعالية العلم وجداوه . إن الجمال ، والأخلاق - والقيمة والخلود والوعي من المفاهيم^(١) التي لا يمكن اختبارها في مجال العلم لعدم وجود أساليب يمكن بها معالجتها مع ملاحظة أن عدم ملائمة أى تصور من وجهة النظر العلمية لا يعنى أنه ضئيل الأهمية أو خلو من المعنى ، فمثل هذه المفاهيم لا يمكن أن تكون جزءا من العلم لأن من المستحيل معالجتها علمياً ، وإذن فالمفهوم الذى لا يمكن اختباره في مجال العلم هو مفهوم لا يمكن تفنيده ولا يمكن تأييده وكل ما يمكن أن يفعله العلم إزائه ، هو أن يتجاهله .

فما هو نوع المفهوم الذى يضعه العلم للواقع الموضوعى ؟ أنه أبسط مفهوم ممكن^(٢) . ووجهة نظر العلم في هذا هي أن أى شيء يمكننا قياسه ، وأية ظاهرة يمكن إثبات وجوده (١) د. ركنى نجيب محمود أسس التفكير العلمى سلسلة كتابك العدد ٤ دار المعارف ١٩٧٧ ص ٥٠ (٢) يقول هنرى بوانكاريه H. Poincaré أن النظرية العلمية قائمة دائما على فروض ، والنظريات التي يقال أنها حقيقة إلا « أنفع النظريات » أى التي تبسط للباحث عمله وتعطيه أجمل صورة من الكون ذلك بأن النظريات رموز مجردة يركبها العقل للتعبير عن العلاقات المشاهدة بين الظواهر فنظرية كوبرنيك مجرد فرض وهي لا تتنازع عن نظرية بطليموس إلا أنها أبسط وأنفع . أن بوانكاريه يلتقى مع الكثير من العلماء والفلاسفة في القول بموضوعية العلم الحديث ولا سيما الفيزياء

علاقات بشأنها لها حقيقة موضوعية ومن وجهة أخرى فاد أى شىء وأية قوة لا يمكن معالجتها بأساليب العلم ليست لها من وجهة النظر الشكلية أهمية موضوعية .

وفي العمل العلمى لا يوجد ما يدعو إلى افتراض وجود أشياء واقعية لا يمكن إدراكها في العالم الخارجى ، ومن المحال أن تدرك الأشياء بطريق مباشر ، إلا إذا أمكن أن ترد إلى نوع من الإدراك الحسى أو ما يسمى بالمعطيات الحسية .

والحق أن العلوم الفيزيائية بالذات حافلة بأمثلة شتى نراها الآن واقعية جداً ، وأن لم تكن منذ سنوات تخطر ببال بشر - فمنذ ثمانين عاما - أنتجت موجات الراديو لأول مرة في معمل - وكان عالم فيزيائى اسكتلندى لامع هو جيمس ماكسويل James Maxwell ، قد تنبأ استنباطيا بوجود مثل هذه الموجات الكهرومغناطيسية قبل ذلك بسنوات - ومن المعروف الآن أن كميات كبيرة من موجات الراديو تصل إلى الأرض من الفضاء الخارجى مما أدى إلى ظهور علم الفلك الاشعاعى^(١) . Radio Astronomy كإضافة هامة إلى أقدم علم لدى الانسان .

٨ - الذاتية نسبية والموضوعية ليست مطلقة :

الموضوعية المطلقة أمر لم يعد علماء الفيزياء المعاصرون يطعمون في الوصول إليها وأن موضوعية البحث يداخلها دائما عناصر ذاتية لا مفر منها .

يقول أرنست شرودنجر وهو من أعلام الفيزياء E. Schrodinger (١٨٨٧ - ١٩٦١) العالم تأليف عقلى Mental Construct ، من احساساتنا وإدراكاتنا الحسية وذكرياتنا^(٢) - ومن اليسير أن نقول أن له وجودا موضوعيا في ذاته - لكن من المؤكد أنه لن يبدو لنا من مجرد وجوده ، وإنما وجوده بالنسبة لنا مشروط بحدوث معينة تحدث في المخ^(٣).

ويقول أيضا : إن جسمى الذى ترتبط به حياى العقلية ارتباطا جوهريا ، هو جزء من العالم الواقعى من حولى ، والذى أولفه من احساسات وإدراكات وذكريات - ولاشك في وجود تلك المجالات الشعورية على الرغم من أنه ليس لدى منها معرفة مباشرة بطريق

(٢) Stanley D. Beck; Simplicity of science, p.112

(٢) د. محمود فهمى زيدان الى النفس والجسد « بحث في الفلسفة المعاصرة » دار الجامعات المصرية

١٩٧٩ ص ١٦٣/١٦٤

Schrodinger; Mind and Matter, p.1

(٣)

الإدراك الحسى ، ومن ثم فإني أميل إلى اعتبارها شيئا موضوعيا يؤلف من العالم الواقعي من حولي .

ويقول يوجين فيجنر E.P. Wigner وهو الآخر عالم فيزيائي معاصر : هنالك نوعان من الوجود وجود ذاتي الشعورية ووجود كل شيء آخر وليس الوجود الثاني مطلقا وإنما هو نسبي فقط ، وكل ماعدا احساساتنا المباشرة ليس إلا تأليفا .

ويعقب الأستاذ الدكتور زيدان على هذين النصين بقوله : ندل هذه النصوص وأمثالها كثير . على اعتراف بثنائية انطولوجية بين العالم والذات الواعية وثنائية ابستمولوجية بين هذين العالمين بمعنى أن العالم المادى ليس شيئا دون وعينا به وأن معرفتنا له تعتمد على وجودنا ، بل أنه عالم يؤلفه العقل بما لديه من احساسات وإدراك وذكريات ، ولا يظن ذلك في وجوده المستقل ولا في موضوعية معرفتنا - لكن الموضوعية ليست مطلقة وإنما يداخلها دائما عناصر ذاتية .

هكذا نجد أن العلماء لا ينادون بالموضوعية المطلقة المجردة عن العناصر الذاتية ، وأن عمالقة العلوم الفيزيائية يعترفون بواقعية الحياة الشعورية ويصرون على أن العالم الطبيعي لا وجود له بالقياس إلينا إلا بتدخل وعينا في معرفته . وأن معرفتنا لهذا العالم موضوعية يداخلها عناصر ذاتية نضيفها نحن من احساساتنا وذكرياتنا إلى المضمون التجريبي القائم المستقل عنا .

والفلاسفة وغيرهم من الناس الذين يترثون من آن لآخر ليفكروا في ظواهر الكون قد أدركوا منذ وقت طويل ، أن كل شخص يعيش في عالم خاص به ، ومركز هذا العالم هو عقله الخاص - ويتحدد نوع العالم الذى يعيش فيه الشخص تجربته ومزاجه وذكائه وعوامل أخرى - فهذا العالم إذن عالم ذاتي وشخصي تماما . ولاشك أن من أهم المشكلات التى تواجه الفلسفة والعلم - مشكلة كيفية انطباق هذا العالم الذاتى على عالم آخر واقعي وموضوعي مستقل عن أى ذهن بشرى ، فالأشياء والحوادث التى تقع في العالم الخارجى تؤثر في أعضائنا الحسية (العين - والأذن .. ألخ) ويتولى الذهن الذى يتلقى هذه الاشارات الحسية جمعها في نسيج واحد - هو الواقع المدرك أو الجرب ولما كان الانسان لا يستطيع الخروج عن ذهنه ، فإن حواسه هى حلقة الاتصال الوحيدة بينه وبين العالم الخارجى - فالعالم الذى نراه ، والذى يعيش فيه كل منا ليست له إلا حقيقة ذاتية أو باطنة ونقوم نحن بترجمة هذه الحقيقة الذاتية إلى ما نعتقد أنه هو الشكل (الحقيقى) للعالم الخارجى^(١).

(١) برتراند رسل : النظرة العلمية ترجمة عربية بقلم عثمان بويه القاؤه ١٩٥٦ ص ٨١

ولا حدس في أنه بحد تنبأ ، حوادث مستقلة عن الدهن البشرى غير أن لا يستطيع أن يعرفها إلا بعد ما يستطيع إدراكها بل أن وجودها في داخل حريشا بما هو ذاته إدراكنا لها ، سي لأذكر صيحتي في صوب يائس نأسي لا أستطيع العثور على الأنسكلويديا الوحيدة في مكتبه حد أساتذتي ، وحقيقة الأمر نأسي ه سطح فعلا العثور عليها ، بينها هي نأسي على أنوف إد أسى ه أتعلم وه أعرف ماهي الأنسكلويديا فذهني ه يكر يعلم أنه كتاب صحه

هناك عاملان يشتركان في تكوين صورة محكمة للعالم المحيط بنا ، هم الإدراكات الحسية التي يتلقاها الدهن من الخارج ، ونشاط الدهن ذاته - الذي هو على ما يبدو غير حسي .

ونستطيع أن نطلق على العامل الثاني اسم الحدس Intuition أو الاستبصار Insight والواقع أن المعرفة الحدسية لا تقل حقيقتها بالنسبة للبشر عن المعرفة الحسية المباشرة - غير أن ما يعرفه شخص معين حسيا قد يشك فيه شخص آخر ، بل قد ينكره إنكارا تاما .

وقد يناقش كل منهما الآخر ويحاول اقناعه أو مجادلته مدة طويلة وبكل حماسة وانفعال ، ولكن دون أن يجدا أي وسيلة لعبور الهوة التي تفصل بين عالميهما . والواقع أن الاختلاف بين الناس في النظر إلى الأمور إنما يرجع إلى نوع الواقع الذي يعرفونه . وقد يتطرقون في هذه الاختلافات فنجد منهم المتفائلين والساخرين والمتعصبين والمتشائمين .. الخ . فما هو الواقع إذن ؟ وما هو الواقعي في الكون الخارجي ، أي في العالم الموضوعي ؟ إن عالم التجربة يبدو واقعا جدا غير أننا نعلم أنه عالم من صنع البشر ، صنعنا نحن ، تكون في الأذهان من الانطباعات التي يحدثها الكون الموضوعي ، ولا شك أنه حق للناس أن تصف كل ما تدركه بأنه واقعي إذ أن الواقعي بالنسبة إلينا لا بد أن يكون هو ذاته إدراكنا له . وإن بدا هذا التصور التجريدي محير إلى حد ما - ولكن مشكلة التمييز بين ما هو واقعي وما هو غير واقعي هي مشكلة تجريدية .

ولقد كانت هذه المسألة موضوعا لبحث مجموعة من أعظم الفلاسفة - ولكن اتضح أن تفرقهم بين (الواقعي) وبين (غير الواقعي) هي تفرقة غير قاطعة ، على وجه العموم ، فالحدود بين الواقع الموضوعي أيا كان ، وبين الواقع الشخصي الذاتي ، ليست محددة المعالم على الإطلاق ومرد ذلك إلى أننا مضطرون إلى التعامل مع عالم خارجي من خلال إحساس ذاتي باطن بالواقع وهذا أمر لا مفر منه^(١)

(١) د محمود فهمي يدان النفس والجسد

العلم الفيزيائي ضرب من المعرفة يمثل جهدا طويلا متصلا لتكوين مفهوم عن الواقع يمكن أن يرتبط بالعالم الخارجى فى علاقة متسقة ناجحة - وهذا العلم معرفة موضوعية أى أنه - بقدر الإمكان معرفة للعالم الخارجى عن ذهن البشرى .

وهذا النوع من المعرفة هو محاولة لفهم عالم الطبيعة من أجل معرفة ما يحدث فيه من جهة ومن أجل الأهتمام إلى وسائل أفضل للسيطرة على الطبيعة واستغلالها من جهة أخرى .

وليس فى وسع المعرفة العلمية بطبيعة الحال أن تكون هى ذاتها العالم الخارجى ، وإنما ينبغى أن تعطى أساسا لواقع مدرك ، يتسق مع العالم العيى الذى لانستطيع معرفته ، والذى هو مستقل عن ذهن الإنسان . والعلم الفيزيائى محاولة لتكوين فهم للطبيعة لايكون متوقفا على الفرد وإنما يمكن أن يشترك الناس جميعا فى الأخذ به ، وقضايا العلم الفيزيائى قضايا اجتماعية لامسألة فردية تخص قائلها وحده^(١) ، وهو إلى هذا الحد يمكن أن يكون موضوعيا . وعلى ذلك فالعلم الفيزيائى خاصة والعلم الطبيعى عامة أقل تعرضا لما قد تتصف به الأذهان الفردية من تحبط وانحراف وتصور . وإذن فتطور النظريات الفيزيائية العلمية هو تطور للواقع وهو تطور لأحد أوجه العقل الاجتماعى . ومن أخص خصائص التفكير العلمى وصوله إلى « قوانين » عامة لاتقف عند فرد أو بيقة أو زمن ، تفهم الوقائع الجزئية على ضوءها - فالعلم يبدأ بدراسة الحقائق الجزئية المفردة المحددة - غير أن هذه الحقائق لاتكون بذاتها علما ، لأن العلم لايكون إلا إذا كشفنا عن القوانين العامة ، التى تكون كل حقيقة من الحقائق الجزئية تطبيقا أو تجسيدا لها ، فحقيقة الوقائع الجزئية ، هى أنها أول الطريق الذى يؤدى بنا إلى قوانين العلوم . وفهم الظاهرة معناه أن نجد الرابطة التى تربط هذه الظاهرة وظواهر أخرى فى قانون واحد . ومن البديهى أن معرفة ألوف الحقائق الجزئية عن الطبيعة دون أن نجد الروابط التى تجمعها فى مجموعات من القوانين - فليست هذه المعرفة من العلم فى شىء .

ومعرفة الحقيقة الجزئية الواحدة لاتساعد فى التنبؤ بما سوف يحدث فى لحظة مستقبلية ، أما إذا عرفت الروابط بين مختلف الأشياء والتى نعممها فتصبح قانونا علميا - حينئذ يمكن التنبؤ على وجه الدقة بما سوف يحدث ومتى يحدث وكيف يحدث إذا ما توافرت تلك

(٢) قضايا اجتماعية بمعنى أن اللغة أو الرموز التى يستخدمها الباحث لأبد وأن تكون مما اصطلح عليه علماء المجال الذى يبحث فيه - لكى يكون مراده مفهوما لكل من أراد أن يتابعه ويراجعه ويناقشه فيما قدم من زملاء ميدان تخصصه .

راجع د. زكى نجيب محمود :أسس التفكير العلمى العدد الرابع سلسلة كتابك ١٩٧٧ ص ٤٩

الروابط . على أن تعلم أن القوانين الطبيعية تعتبر اليوم احتمالية أو ترجيحية على اعتبار أن قوانين الرياضة هي وحدها القوانين اليقينية

ويرى الأستاذ « إدوارد كار » أن علم الطبيعة المعاصر يميل إلى اعتبار أن كلا من المشاهد والشيء المشاهد (الذات والموضوع) يدخل في النتيجة النهائية للملاحظة والقول بأن هناك انفصالا تاما بين ذات الباحث وموضوعه في العلم الطبيعي - هو قول يقابل النظرية التقليدية في المعرفة التي أقامت تفرقة ثنائية حادة بين الذات العارفة ، وموضوع المعرفة . ولكن نظرية المعرفة هذه لم تعد تصلح للعلم الأحدث حداته ، وبالذات علم الفيزياء - لأن العالم الفيزيائي أصبح اليوم أقل ميلا للظن بأن موضوعات الفيزياء هي أشياء مستقلة عنه ، يصارعها من أجل السيطرة عليها ، وإنما يرى في هذه الموضوعات أشياء تصلح للتعاون معه ، من أجل إخضاعها لرغباته ، ولهذا فقد بدأ الفلاسفة في مراجعة نظرية المعرفة التقليدية على أساس أن عملية المعرفة تتضمن قدرا من تأثير كلا الجانبين (الذات والموضوع) على الآخر سئل بلانك : هل تظن أن العقل يمكن تفسيره في إطار المادة وقوانينها ؟

فأجاب بالنفي ، وأضاف أن العقل شيء أساسي وأن المادة مشتقة من العقل^(١) وفي نفس المعنى يقول سير آرثر دنجتون « العقل أول شيء مباشر في خبرتنا ، وكل ما عداه استدلال ، ووجود المادة استدلال وهناك علاقة وثيقة بين ما هو مادي وما هو عقلي »^(٢).

ويقول سنير جيمس جينز « القول أن العالم الطبيعي مستقل عنا محض افتراض وليس واقعة ثابتة ، كان العلم فيما مضى يسلم بأن للمكان والزمن وجودا خارجا عنا سواء أدركناه أم لا ، وأن للمادة وجودها الخارجي في المكان والزمن .

لكن الفيزياء المعاصرة ربطت العالم الطبيعي ربطا وثيقا بالعقل المدرك^(٣).

(٥) أدوار كار : بما هو التاريخ ترجمة أحمد حمدي محمود مؤسسة سجل العرب ١٩٦٢ ص ٨٢
(١) Joad; Philosophical Aspects of Modern science, unwin Books London, 1963 p.12
(٢) Eddington, The nature of the physical World, Collins London, 1928, p.230
(٣) J. Jeans, The new Background of science, C.V.P London, 1934, pp.71-2

نصوص السابقة لعالماء الفيرياء المعاصرة وهى بوحى بمشاليتهم فهم يتحدثون عن أولوية الوجود العقلى على وجود المادة واستحالة الوصول إلى معرفة موضوعية مطلقة عن العالم المادى وإنما تقوم المعرفة نتيجة ندخل القدرات العقلية بجانب الآلات والأجهزة والمقاييس وأن المعرفة تركيب عقلى Mental Construction تلعب فيها الذات دورا هاما وأساسيا ، ولكون هذه المعرفة عن العالم المادى توضع فى صيغ رياضية مجردة فإن المعرفة لاتتطابق موضوعية الواقع . وحيث يدخل العقل عنصرا أساسيا فى تكوينها ، وليس العقل هنا مجرد جهاز استقبال لما هو موجود فى الواقع وإنما يقوم بدور فى تأليف ادراكاتنا أو معرفتنا . ولذا فمعرفتنا العلمية تركيب عقلى من عنصري الانطباعات التجريبية والتصورات العقلية ، ويصبح الشئ المدرك - هو الشئ كما يبدو المعاصرة حيث يختلف فى رأيه عن العلماء السابق ذكرها . رأى أينشتين أن الكون كله - بما يحوى من ظواهر - عالم موضوعى مستقل عنا وعن ادراكنا - بدأ موقفه بالإشارة إلى أننا حتى فى البحث العلمى الدقيق نبدأ ببعض المواقف التى تتخذ صورة معتقدات أساسية ومصادر أولى . ويذكر من هذه المصادر العلية والموضوعية حين نذكر أينشتين فى نظريته النسبية الخاصة المكان والزمن والمسافة والحركة كلها نسبية بالقياس إلى الملاحظ أو المشاهد ، لا مطلقة - وهو هنا يقصد نسبية فيزيائية فمن الممكن أن تحل الآلات والأجهزة والمعدات محل الإنسان المشاهد .

وحين أقام أينشتين نظرية النسبية العامة كانت نظريته إلى المتصل الزمكاني كشيء مطلق - وهو الكون كله - شيئا مطلقا لايتماد وجوده على وجود المشاهد أو المدرك - لذا فللكون موضوعيته واستقلاله عن الذات المشاهدة .

المراجع العربية

- ١ - أحمد أمين ود. ركي نجيب « قصة الفلسفة اليونانية » ، الأنجلو ، ١٩٦٧
- ٢ - د أحمد فؤاد الأهواني « فجر الفلسفة اليونانية » ، دار حية الكتب ١٩٥٤
- ٣ - ادوار كسار « ماهو التاريخ » ترجمة أحمد حمدي محمود ، م. سجل العرب ١٩٦٢
- ٤ - أرسطو طاليس : « الكون والفساد » ، ترجمة أحمد لطفي السيد ، الدار القومية . بدون
- ٥ - د. إسماعيل بسيوني هزاع : « قصة الدرة » ، المكتبة الثقافية ، ١٩٦٢
- ٦ - ألبرت أينشتاين : النسبية « النظرية الخاصة والعامة » ترجمة د. رمسيس شحاته - مراجعة د. محمد مرسى أحمد . ١٩٦٥
- ٧ - ألكسندر كواريه : « مدخل لقراءة أفلاطون » ، ترجمة عبد المجيد أبو النجا مراجعة د. أحمد فؤاد الأهواني - الدار المصرية للتأليف والترجمة .
- ٨ - د. أمام إبراهيم أحمد : « عالم الأفلاك » ، المكتبة الثقافية . ١٩٦٢
- ٩ - د. أمام إبراهيم أحمد : « نافذة على الكون » ، المكتبة الثقافية . ١٩٦٥
- ١٠ - بانيش هوفمان : « قصة الكم المثيرة » ، ترجمة د. أحمد مستجير ، مراجعة د. اسحق إبراهيم - دار الكتب العربى ١٩٥٩
- ١١ - براترند رسل : « النظرية العلمية » ترجمة عثمان نويه - الأنجلو ١٩٥٦
- ١٢ - براترند رسل : « أصول الرياضيات » ترجمة د. محمد مرسى أحمد والأهواني دار المعارف ١٩٦٤
- ١٣ - براترند رسل : « تاريخ الفلسفة الغربية » ، جزءان ، ١٩٥٤ ترجمة د. زكى نجيب محمود ، لجنة التأليف والترجمة والنشر .
- ١٤ - سور موسى المنطق وفلسفة العلوم « . ترجمه د. فؤاد كريا . مراجعة د محمود قاسم . القاهرة ١٩٦١

- ١٥ - د. توفيق الطويل : « أسس الفلسفة » ، الطبعة الخامسة ،
دار النهضة العربية . ١٩٦٧
- ١٦ ج بروففسكى : « ارتقاء الإنسان » - ترجمة د. موفق
شخاخيرو ، مراجعة زهير الكرمى - عالم
المعرفة العدد ٣٧ ١٩٨٢
- ١٧ - جيمس جينز : « الكون الغامض » ترجمة عبد الحميد
حمدي - مراجعة د. على مصطفى
مشرفة - الطبعة الثانية . ١٩٤٢
- ١٨ - دوجيرت رنر : « فلسفة القرن العشرين » ، ترجمة
د. عثمان نويه ، مراجعة د. زكى نجيب
محمود
- ١٩ - سيمون وسكاتر : « الأرض كوكب » ،
ترجمة د. على ناصف - مراجعة د.
مصطفى كامل - الألف كتاب .
- ٢٠ - د. زكى نجيب محمود : « أسس التفكير العلمى » ،
سلسلة كتابك ، العدد ٤ . ١٩٧٧
- ٢١ - د. زكى نجيب محمود : « المنطق الوضعى » ،
الجزء الثانى فى فلسفة العلوم ، الأنجلو
١٩٦١
- ٢٢ - د. زكى نجيب محمود : « نحو فلسفة علمية » ، الأنجلو
١٩٧١
- ٢٣ - ريدينك ، ف : « ماهى ميكانيكا الكم » ،
ترجمة دارمير للطباعة والنشر .
- ٢٤ - د. عبد العظيم أنيس : « الحضارات القديمة واليونانية » ..
دار الكاتب العربى ١٩٦٧
- ٢٥ - د. عبد الرحمن بدوى : « ربيع الفكر اليونانى » ،
النهضة المصرية . ١٩٦٩
- ٢٦ - د. عبد الحليم منتصر : « تاريخ العلم » ، دار المعارف . ١٩٦٩
- ٢٧ - د. عزمى اسلام : « مقدمة لفلسفة العلوم » ،
مكتبة سعيد رافت ١٩٧٧
- ٢٨ - د. على سامى : « أثر هيراقليطس فى تاريخ الفكر
الفلسفى » ، دار المعارف ١٩٦٩

- ٢٩ د. علي عبد المعطى « الفرد نورث هوبارد » . ١٩٨٠
فلسفته وميتافيزيقاه
- ٣٠ د. مصطفى مشرف « النظرية النسبية الخاصة » ١٩٤٥
حينه التأليف ، الترجمة والنشر
- ٣١ د. مؤاد كريب « أسبينوزا » دار النهضة العربية ١٩٦٢
- ٣٢ لاندو ورومر « ماهي نظرية النسبية » ١٩٧٨
دار مير للطباعة والنشر
- ٣٣ لنكون بارت « العالم وأينشتين » ١٩٥٥
مجموعة أقرأ ... دار المعارف
- ٣٤ مجمع اللغة العربية « معجم الفيزياء النووية »
والإلكترونية « الهيئة العامة للكتاب ١٩٧٤
- ٣٥ - د. محمد جمال « الفضاء الكوني » ، المكتبة الثقافية ١٩٦١
الدين الفندي
- ٣٦ - د. محمد علي أبوريان « تاريخ الفكر الفلسفي » ، ١٩٧٦
من طاليس إلى أفلاطون جزء أول . ١٩٧٦
- ٣٧ - د. محمد علي أبوريان « تاريخ الفكر الفلسفي » ، ١٩٦٧
أرسطو ، جزء ثان ١٩٦٧
- ٣٨ - د. محمد علي الغري « القمر » .. دار المعارف . ١٩٦٢
- ٣٩ - د. محمد مرسى أحمد « نيوتن » ، دار الشرق للنشر والطبع ١٩٤٦
- ٤٠ - د. محمد مهران « في فلسفة الرياضيات » ، ١٩٧٧
دار الثقافة للطباعة والنشر
- ٤١ - د. محمد مهران ، « في فلسفة العلوم ومنهج البحث » ، ١٩٨٧
مكتبة سعيد رأفت د. حسن عبد الحميد
- ٤٢ - د. محمود أمين العالم « فلسفة المصادفة » ، ١٩٦٩
مكتبة الدراسات الفلسفية دار المعارف
- ٤٣ د. محمود فهمي زيدان « الاستقراء والمنهج العلمي » ، ١٩٧٧
دار الجامعات المصرية
- ٤٤ د. محمود فهمي زيدان « في النفس والجسد » ، ١٩٧٩
دار الجامعات لمصيه
- ٤٥ د. محمود فهمي زيدان « كالمط » . دار المعارف ١٩٧٦

- ٤٦ - د. محمود فهمى
زيدان : بحث غير منشور يجرى طبعه الآن
- ٤٧ - د. محمود قاسم : « المنطق الحديث ومناهج البحث » .. ١٩٥٤
الانجلو
- ٤٨ - د. محمود مختار : « الفيزياء » - الأنجلو ١٩٦١
- ٤٩ - د. نازلى اسماعيل : « الفلسفة الحديثة رؤية جديدة » ١٩٧٩
- ٥٠ - ول ديورانت : « قصة الحضارة » ١٩٥٥
ترجمة محمد بدران جامعة الدول العربية
- ٥١ - يوسف كرم : « تاريخ الفلسفة اليونانية » ١٩٤٩
دار المعارف
- ٥٢ - يوسف كرم : « تاريخ الفلسفة الحديثة » ١٩٥١

المراجع الأجنبية

1. A. D'ABRO : **The Evolution of scientific thought from Newton to Einstein**, London, Second. ed., 1950
2. ARMOSTRONG : **An Introduction to ancient philosophy**, Methuen Co., London, ed., 1972
3. AYER, A. J., : **The Foundation of Emperical Knowledge**, Macmillan Co., New York, 1940
4. BARNETT, L., : **The Universe and Dr. Einstein**, Collins, London, 1956
5. BECK, S., : **The Simplicity of science**, Macmillan Co., New York 1956
6. BERGMANN, P., : **Introduction to the theory of Relativity**, Prentice — Hall, Inc., New York, 1942
7. BOLTON, S., : **Famous Men of science**, Copyright By Thomas & Crowell Co., New York 1960
8. BORN, M., : **Natural philosophy of Cause and chance**, Dover Publication, Inc., New York 1964.
9. BORN, M., : **The Restless Universe**, Blackie & Sons, London 1935
10. BRAGG, W., : **Concernig The Nature of things**, G. Bell & Sons, London 1925
11. BURNET, JOHN., : **"Early Greek philosophy"** From thales to plato, London, Part 2, 1943
12. BURTT, E., : **"The metaphysical foundation of modern physcial Science"**,

- | | | |
|----------------------|---|-------|
| | Kegan Paul, London | 1934 |
| 13. CONANT, J. B., | : Science and common sense,
By Yale Univ. Press, London, | 1951 |
| 14. CONANT, J. B., | : A Historical approach to
Understanding of Science,
Cambridge Univ. Press, London, | 1944. |
| 15. CURIE, EVE., | : "Madame Curie" , Doubleday, | 1937 |
| 16. DAMPIER, W., | : "A History of science" ,
Macmillan Co., New York, 3 rd ed., | 1946 |
| 17. DARROW, K. K., | : Introduction to Contemporary
physics, D. Van Nostrand Co., New
York. | 1926 |
| 18. DAVIDSON, P. E., | : "Applied Nuclear Physics" ,
John Wileysons, New York | 1942 |
| 19. De BROGLIE, L., | : "Matter & Light" ,
W. W. Norton & Co., New York | 1939 |
| 20. DE BROGLIE, L., | : Physics and microphysics,
Macmillan Co., New York | 1954 |
| 21. EDDINGTON, A., | : New pathways in science,
George Allen, London, | 1944 |
| 22. EDDINGTON, A., | : The philosophy of physical science,
Cambridge - University Press,
London | 1939 |
| 23. EDDINGTON, A., | : The Nature of the physical World,
Collier, London, | 1928 |
| 24. EDDINGTON, A., | : The Expanding Universe,
Penguin, Middlesex, England | 1940 |
| 25. EINSTEIN, A., | : "Relativity" Methuen and Co.,
London | 1920 |
| 26. EINSTEIN, INFELD | : The Evolution of physics,
Simon and Schuster, New York | 1938 |

27. EPHRAIM, FRITZ., : **"A text Book of Inorganic chemistry"**, McGrow-Hill Book Co., New York 1950
28. GEORGE, CARNO., : **"The Birth and Death of the sun"**, New American Library, New York. 1950
29. GERLACH, W., : **Matter, Electricity, Energy**, D. Van nostrand Co., London. 1928
30. GOTLIND, E., : **"Bertrand Russells, Theories of Causation"** Upsala, 1952
31. GREGORY, J. G., : **A Short History of atomism A & C** Black Co., London 1931
32. HALLIDAY, RENSIK, : **Physics for students of science** Copyright, London, 1960
33. HECHT, SELIG : **"Explaining the atom"**, Viking Press, New York, 1947
34. HEISENBERG, W., : **The Physicists conception of nature**, Hutchinson, London 1958
35. HEISENBERG, W., : **Philosophical problems of nuclear physics**, Macmillan Co., New York. 1958
36. HEITHER, W., : **Elementary Wave mechanics**, Oxford University Press, London. 1945
37. HOFMAN, B., : **The strange story of the Quantum**, Harper & Brothers, New York. 1947
38. HULL, L. W., : **History and philosophy of science**, London, 1st ed., 1959
39. JEANS. J. : **Mysterious Universe**, Macmillan Co., New York 1937
40. JEANS. J., : **The Growth of physical science.** Macmillan Co., New York 1948
41. JEANS. J. : **The New back - Ground of science**, Ann Arbor Paperbacks, The Univ -of Mitchigan, 1 st ed., 1959

42. JEANS, J. : **Physics and philosophy**, Reprinted,
Cambridge Univ. Press, London 1948
43. JOAD, C., : **Philosophical Aspects of modern
science**, Unwin Books London. 1963
44. JORDAN, P., : **Physics of the 20 th Century**,
Philosophical Library. 1951
45. LLBBY, W., : **An Introduction to the History of
science**.
46. LLNDSAY, R., : **Foundation of physics**, John wiley &
Sons, New York; 1936
47. MACH, E., : **The science of mechanics**, Open
court publishing Co., 1942
48. MAGIE, W., : **Source Book in physics**, McGrow
-Hill, New York. 1936
49. MELPA, P., : **Quantum mechanics**, Macmillan,
ed., by R. sellary and others, 1949
50. MILLIKAN, R., : **Electrons (+ and -)**,
Chicago Univ. Press. 1947
51. MORITZ, S., : **Casuality in everyday Life and in
science**, California Univ. Press, 1954
52. MOTT, S., : **This Mathematical World**, A Pelton
& Co., New York 1931
53. MOTT, S., : **This Mechanical World**, Appelton &
Co., New York 1932
54. MOTT, S., : **Heat & its working**, D. Appelton &
Co., New York. 1933
55. MOULTON & S., : **The Autobiography of science**,
Doubleday Doran Co., New York, 1945
56. PLANK, M., : **Philosophy of physics**. Trans by
W.H. johnston Allen, London. 1936
57. PLANK, M., : **Where is science going**, penguin ed.,

- | | | |
|---------------------------|--|------|
| | Middle Sex, | 1937 |
| 58. POLLARD &
DAVIDSON | : Applied Nuclear physics, Johnwiley
sons Co., New York, | 1942 |
| 59. RICHARD, F., | : First principles of atomic physics, By
harber & Brothers, New York. | 1950 |
| 60 ROSSITER, A., | : The Growth of science, Unwin
Books, London | 1950 |
| 61. RUSSELL, B., | : An Outline of philosophy, Allen and
Unwin, London | 1927 |
| 62. RUSSELL, B., | : The A B C of Relativity, Harper &
Bros. Kegan paul, London | 1925 |
| 63. RUSSELL, B., | : Mysticism and Logie, Unwin Bools,
London | 1963 |
| 64. RUSSELL, B., | : The analysis of matter, Kegan paul
London. | 1927 |
| 65. RUSSELL, B., | : The problems of philosophy, Oxford
Univ. Press, 1 st ed., | 1912 |
| 66. RUSSELL, B., | : Our Knowledge of external World,
George Allen & Unwin | 1914 |
| 67. RUSSRLL, B., | : Human Knowledge, Its scope and
Llmlts, Allen and Unwin, London | 1948 |
| 68. SCHRODINGER | : Mind and Matter, Cambridge Univ.
Press, London | 1958 |
| 69. SHAPLEY, H., | : A Soure Book in Astronomy, Mc
Grow - Hill Book Co., New York, | 1939 |
| 70. SHAPLEY, H., | : Reading in physical science, George
allen, London, | 1948 |
| 71. SMYTH, H., | : Atomic energy for millitary purpose.
Princeton Univ. Press, New York, | 1945 |
| 72. STILLMAN, D., | : Discoveries and opinions of-Galileo,
London | 1989 |

73. STOKLEY, J., : **Electrons in action**, Mc Grow - Hill
Book Co., New York 1946
74. SULLIVAN, J., : **The Bases of modern science**,
pelican Books, 1939
75. TREADWELL, H., : **Analytical chemistry**. London. 1957

محتويات الكتاب

الباب الأول . تطور علم الطبيعة الفصل الأول . موجز علم الطبيعة عند القدماء والمحدثين

صفحة

٧	• العلم الطبيعي عند الاغريق القدامى
٨	١ - النزعة الطبيعية عند فلاسفة المدرسة الأيونية
١٣	٢ - النزعة الطبيعية المثالية في المدرسة الفيثاغورية
١٦	٣ - النزعة الطبيعية عند فلاسفة المدرسة الذرية
١٩	٤ - الفلسفة الطبيعية عند افلاطون وأرسطو
٢٠	• أفلاطون والبحث في العالم الطبيعي
٢٢	• أرسطو والبحث في العلم الطبيعي
٣٢	• بدايات علم الطبيعة الحديث
٣٣	• نيقولا كوبرنيك (١٤٧٣ - ١٥٤٣)
٣٥	• كبلر (١٥٦١ - ١٦٣٠)
٣٧	• جاليليو (١٥٦٤ - ١٦٤٢)
٤٣	• علم الطبيعة النيوتوني : اسحق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧)
٥٩	الفصل الثاني : النظرية الذرية المعاصرة وبواكيرها التاريخية
٥٩	• النظرية وتاريخها
٦٥	• النظرية الحركية للغازات
٦٧	• النظرية الذرية المعاصرة في مرحلتها الأولى
٧٠	• الذرات
٧١	• اكتشاف الالكترزون
٧٣	• النظرية الذرية المعاصرة في مرحلتها الثانية
٧٦	• اكتشاف النشاط الاشعاعي
٧٥	• طبيعة الاشعاعات النووية
٧٦	• التفتت الاشعاعي
٧٧	• نصف العمر
٨١	• مولد نظرية الكوانتم

صفحة

• خاصية جسيمات الضوء وموجات الجسيمات	٨٨
• شرودنجر والميكانيكا الموجية	٩٠
• مبدأ اللايقين « هيزنبرج »	٩٢
• الضوء وفيزياء الكوانتم	٩٤
• تصور الضوء والمادة يعينان الطاقة	٩٨
• الأشعة الكونية وجسيمات نووية أخرى	١٠٠
الفصل الثالث : النظريات النسبية والفلك	
• نشأة وهدف النظرية الخاصة للنسبية	١٠٩
• نسبية الزمان والمكان والحركة	١١٢
• نسبية الحركة وسرعة الضوء	١١٥
• نسبية الكتلة وتقلص الأطوال وتباطؤ الزمن	١١٦
• العلاقة بين الكتلة والطاقة	١١٧
• الفلك كعلم طبيعي معاصر	١١٩
• موجز تاريخي لتطور علم الفلك	١٢٠
• المجموعة الشمسية	١٢٤
• النجوم والكواكب	١٢٦
• الشمس والطاقة	١٢٨
• السديم	١٣١
• نشأة وهدف النظرية العامة للنسبية	١٣٢
• المكان والزمان معاً في متصل واحد	١٣٣
• الجاذبية مجال	١٣٧
• الكون المتصل منحني مقفل محدد	١٣٩
• الكون يتمدد وينكمش	١٤٠
• اينشتاين وأزمة الفيزياء النيوتونية	١٤٤
الباب الثاني : بعض النتائج المتضمنة في اكتشافات علم الطبيعة المعاصر	
الفصل الأول : مشكلة طبيعة المادة	
• طبيعة المادة في العصر الحديث	١٥٥
(أ) المادة مؤلفة من درات جسيمية	١٥٦

صفحة

١٥٧	..... (ب) المادة موجات وليست ذرات
١٥٨	..... (ج) المادة جسيمات وموجات مع
١٦١	..... (د) الجسيمات والموجات مؤلفة من حوادث
١٧١	..... الفصل الثاني : العلية والحتمية
١٧٥	..... • العلية في العصر الحديث
١٨١	..... • علم الفيزياء المعاصر كمجال تطبيقي للتفسير العلي
١٨٤	..... • اعتقاد علماء الكوانتم بالعلية
١٨٦	..... • اينشتين والعلية
١٨٦	..... • هيزنبرج والعلية
١٨٨	..... • العلية وتطور مفهومها عند رسل
	..... • الفيزياء المعاصرة أوسع مجالاً لتطبيق الحتمية باستخدام
١٩٨	..... القوانين الاحصائية
٢٠٢	..... • الحتمية بين التأييد والرفض
	..... • رسل والحتمية
٢٠٧	..... • الحتمية المطلقة والحتمية المعتدلة
٢١٣	..... الفصل الثالث : الصدفة والاحتمال
٢١٦	..... • الصدفة في الفيزياء المعاصرة احتمال
٢٢٠	..... • المصادفة والضرورة والاحتمال
٢٢٧	..... الفصل الرابع : مشكلة الموضوعية والذاتية
٢٢٨	..... • الموضوعية وأسس البحث العلمي في العلوم الطبيعية
٢٢٩	..... ١ - الملاحظة ترابط مجموعة من الحوادث
٢٢٩	..... ٢ - القياس وموضوعية العلم
٢٣٤	..... ٣ - التجربة ودورها في كشف القوانين الطبيعية
٢٣٦	..... ٤ - العلاقات الرياضية والقوانين الطبيعية
٢٤٠	..... ٥ - النظريات الفيزيائية فروض تتطور
٢٤٣	..... • امكانية التحقق التجريبي

صفحة

٦ - وحدة الكون والمفاهيم الشاملة في النظريات والقوانين	
الطبيعية	٢٤٥
٧ - النظريات الفيزيائية ليست لها قداسة وليست مطلقة	
صدق	٢٤٦
٨ - الذاتية نسبية والموضوعية ليست مطلقة	٢٤٨
المراجع العربية	٢٥٤
المراجع الأجنبية	٢٥٨
محتويات الكتاب	٢٦٤

